Série A, n° 3964
N° d'ordre : 4815

THÈSES

PRÉSENTÉES

À LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

ÉTIENNE MAGNIN

1re THÈSE. — **Recherches sur la systématique et la biologie des Acipenséridés *Acipenser sturio* L, *Acipenser oxyrhynchus* Mitchill, *Acipenser fulvescens* Raf.**

2e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 26 juin 1962 devant la Commission d'examen

MM. PRENANT *Président*

DEVILLERS, PETIT G. *Examinateurs*

PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

1963

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

PROFESSEURS

Doyen ..... M. ZAMANSKY

G. JULIA	T	Analyse supérieure et algèbre supérieure.
DE BROGLIE	T	Théories physiques.
PRENANT	T	Anatomie et histologie comparées.
GRASSÉ	T	Évolution des êtres organisés.
PRÉVOST	T	Chimie organique.
CHAUDRON	T	Chimie appliquée.
WYART	T	Minéralogie et cristallographie.
TEISSIER	T	Zoologie.
MANGENOT	T	Biologie végétale (Orsay).
AUGER	T	Physique quantique et relativité.
MONNIER	T	Physiologie générale.
PIVETEAU	T	Paléontologie.
ROCARD	T	Physique (E.N.S.).
CARTAN	T	Mathématiques (E.N.S.).
LAFFITTE	T	Chimie générale.
FAVARD	T	Géométrie supérieure.
COULOMB	T	Physique du Globe.
Mlle COUSIN	T	Biologie animale (S.P.C.N.).
CHRÉTIEN	T	Chimie minérale.
DRACH	T	Zoologie.
KASTLER	T	Physique (E.N.S.).
EPHRUSSI	T	Génétique.
RIVIÈRE	T	Géologie (S.P.C.N.) et sédimentation.
GAUTHERET	T	Biologie végétale. (P.C.B.).
LUCAS R.	T	Recherches physiques.
THOMAS A.	T	Biologie cellulaire.
ARNULF	T	Optique appliquée.
MORAND	T	Physique enseignement.
SOLEILLET	T	Physique (P.C.B.).
FORTIER	T	Mécanique exp. des fluides.
DANJON	T	Astronomie.
PETIT	T	Biologie maritime.
QUENEY	T	Météorologie et dynamique atmosphérique.
GALLIEN	T	Embryologie.
EICHHORN	T	Botanique.
DE CUGNAC	T	Biologie végétale (S.P.C.N.).
Mlle CAUCHOIS	T	Chimie physique.
THELLIER	T	Physique du Globe.
L'HÉRITIER	T	Biologie générale (Orsay).
GRIVET	T	Radio-électricité (Orsay).
PONCIN	T	Mécanique générale.
DUBREIL	T	Arithmétique et théorie des nombres.
QUELET	T	Chimie organique.
CAGNIARD	T	Géophysique appliquée.
CHAMPETIER	T	Chimie macromoléculaire.
CUVILLIER	T	Micropaléontologie.
JUNG	T	Pétrographie.
TRILLAT	T	Microscopie et diffraction électronique.
WIEMANN	T	Chimie organique et structurale.
JACQUINOT	T	Spectroscopie et physique céleste (Orsay)
VASSY	T	Physique de l'atmosphère.
DESTOUCHES	T	Théories physiques.
AMIEL	T	Chimie générale.
HOCART	T	Minéralogie et cristallographie.
J.-P. MATHIEU	T	Physique (optique).
COUTEAUX	T	Biologie animale (P.C.B.).
MAY	T	Zoologie (Orsay).
CHOQUET	T	Théorie des fonctions et topologie.
FELDMANN	T	Biologie végétale marine.
GUINIER	T	Physique des solides (Orsay).
JOST	T	Physiologie comparée.
FORTET	T	Calcul des probabilités et physique mathématique.
SCHWARTZ	T	Calcul différentiel et intégral.
CHOUARD	T	Physiologie végétale.
MALAVARD	T	Aviation (technique aéronautique).
BRELOT	T	Calcul différentiel et intégral.
NORMANT	T	Synthèse organique générale.
BENARD	T	Chimie minérale.
BUVAT	T	Botanique (E.N.S.).
DUGUE	T	Statistiques mathématiques.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41538118_0015

ANNALES

DE LA STATION CENTRALE D'HYDROBIOLOGIE APPLIQUÉE

Série A, nº 3964
Nº d'ordre : 4815

THÈSES

PRÉSENTÉES

À LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

ÉTIENNE MAGNIN

1re **THÈSE. — Recherches sur la systématique et la biologie des Acipenséridés *Acipenser sturio* L, *Acipenser oxyrhynchus* Mitchill, *Acipenser fulvescens* Raf.**

2e **THÈSE.** — Propositions données par la Faculté.

Soutenues le 26 juin 1962 devant la Commission d'examen

MM. Prenant *Président*
Devillers, Petit G. *Examinateurs*

PARIS
IMPRIMERIE NATIONALE

1963

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

RECHERCHES SUR LA SYSTÉMATIQUE ET LA BIOLOGIE DES ACIPENSÉRIDÉS

Acipenser sturio L, *Acipenser oxyrhynchus* Mitchill et *Acipenser fulvescens* Raf.

par Étienne MAGNIN

Laboratoire de Zoologie de la Faculté libre des Sciences de Lyon

Laboratoire de Zoologie de la Faculté libre des Sciences de Lille

---

A la mémoire de M. le Professeur P. Rémy

RECHERCHES SUR LA SYSTÉMATIQUE ET LA BIOLOGIE DES ACIPENSÉRIDÉS

Acipenser sturio L, *Acipenser oxyrhynchus* Mitchill et *Acipenser fulvescens* Raf.

par Étienne MAGNIN

Laboratoire de Zoologie de la Faculté libre des Sciences de Lyon

Laboratoire de Zoologie de la Faculté libre des Sciences de Lille

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS

PREMIÈRE PARTIE

PRÉLIMINAIRES

Pages

Chapitre I. — **Vue d'ensemble sur les *Acipenséridés* :**

1. Place des esturgeons dans la classification des poissons..... 19
2. Systématique des Acipenséridés 20
3. Répartition des Acipenséridés dans le monde..... 20

Chapitre II. — **Extension actuelle et passée des trois espèces étudiées :**

1. *Acipenser sturio*..... 23
2. *Acipenser oxyrhynchus* 24
3. *Acipenser fulvescens* 26

Chapitre III. — **Pays prospectés et modes de pêche :**

1. En Europe : *Acipenser sturio* 27
   - A. Bassin de la Gironde..... 28
   - B. Bassin du Guadalquivir 33
2. Au Canada : *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens*..... 35
   - A. Bassin du Saint-Laurent 35
   - B. Rivière Ottawa..... 39
   - C. Lac Nipissing..... 39

Pages

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE SYSTÉMATIQUE

CHAPITRE I. — **Données morphologiques et anatomiques :**

I. Os dermiques du crâne 44

II. Écussons osseux 47

A. Nombre 47

B. Forme 49

III. Scutelles dermiques entre les écussons 52

IV. Branchiospines 55

V. Quelques données anatomiques 56

CHAPITRE II. — **Données morphométriques :**

I. Relations longueur totale, longueur à la fourche 59

II. Relations longueur-poids 62

A. Équation mathématique du poids en fonction de la longueur 64

B. Coefficient de condition K et ses variations 71

III. Proportions des différentes parties du corps 82

A. Quelques données morphométriques chez *Acipenser sturio* 83

B. Quelques éléments de comparaison entre *Acipenser sturio* et *Acipenser oxyrhynchus* 87

CONCLUSION 88

TROISIÈME PARTIE

ÉTUDE BIOLOGIQUE

CHAPITRE I. — **La croissance des *Acipenseridés* :**

Préliminaires 94

1. Croissance de l'*Acipenser sturio* de la Gironde 100

Croissance en longueur 102

Croissance en poids 108

2. Croissance de l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent 112

Croissance en longueur 112

Croissance en poids 117

Comparaison avec les *Acipenser oxyrhynchus* de la rivière Hudson 122

Vérification de la croissance par les données du marquage 123

3. Croissance de l'*Acipenser fulvescens* 125

Région de Québec 126

Croissance en longueur 126

Croissance en poids 129

Vérification par le marquage 131

Pages

Rivière Ottawa 134
Lac Nipissing 136
Comparaison avec les autres *Acipenser fulvescens* d'Amérique du Nord 137
4. Conclusions générales sur la croissance des Acipensérídés 140
Caractères communs aux trois espèces 142
Différences observées dans la croissance des 3 espèces 144
Comparaison avec d'autres Acipensérídés 145

CHAPITRE II. — **Migrations :**

Méthodes et difficultés 147
1. *Acipenser sturio* de la Gironde 148
I. Migration reproductrice 148
A. Frayères 148
B. Époque de fraye 149
C. Facteurs des migrations 152
D. Sex-ratio 153
E. Cas exceptionnels 154
II. Descente des jeunes vers la mer et vie en mer 154
2. *Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent 157
I. Migration reproductrice 157
A. Frayères 157
B. Sex-ratio 158
C. Période de fraye 158
D. Cas exceptionnels 158
II. Descente des jeunes vers les eaux saumâtres et leurs déplacements 159
3. *Acipenser fulvescens* 161
1. Migration reproductrice 162
A. Frayères 162
B. Époque de fraye 162
C. Sex-ratio 162
II. Déplacements des jeunes immatures 163

CHAPITRE III. — **Nourriture :**

I. *Acipenser sturio* de la Gironde 164
II. *Acipenser oxyrhyncus* et *Acipenser fulvescens* 166
Conclusion 169

CHAPITRE IV. — **Quelques aspects de l'équilibre hydrominéral :**

Introduction 170
Généralités sur la régulation osmotique et ionique chez les Poissons 170

Pages

Méthodes d'études utilisées 173
1° Observation directe et expérimentation 174
2° Prélèvements des échantillons de sang, urine, tissus 175
3° Techniques d'analyse 175
4° Calcul des erreurs sur les analyses 177
5° Remarques sur les variations individuelles des résultats des dosages.... 178

I. *Acipenser oxyrhynchus* 179

II. *Acipenser sturio* 184
A. Analyse du plasma 184
B. Analyse de l'urine 192
C. Analyse des tissus musculaires 195
Conclusion 198

III. *Acipenser fulvescens* 198

Discussion et conclusion 201
A. Caractéristiques de la régulation osmotique chez les Acipensérides. 201
B. Esturgeons migrateurs 202

Chapitre V. — **Reproduction chez les esturgeons :**

I. Structure de l'appareil uro-génital des Chondrostéens 204

II. Différentes phases de la vie sexuelle 205
A. Période juvénile 205
B. Période adulte 205
1° Age de la maturité sexuelle 205
2° Durée de la vie sexuelle 210
3° Cycle de fraye 210
4° Aspect des gonades 211

III. Développement histologique des gonades 215
Résumé et conclusion 222

Résumé général 224

Bibliographie 229

Liste des figures 241

AVANT-PROPOS

Ce travail a été entrepris dans une perspective moins vaste que celle que nous présentons ici : nous pensions nous limiter en effet à l'étude des migrations de l'esturgeon *Acipenser sturio* L. de la Gironde. Nous étions persuadé que les données biologiques fondamentales de ce poisson : croissance, nourriture, reproduction étaient déjà solidement établies. Nous avons été fort étonné de ne pas trouver dans la littérature ces éléments essentiels, et cela non seulement sur l'esturgeon de la Gironde, mais encore sur l'ensemble de cette espèce qui était autrefois très commune dans toute l'Europe. Il nous a fallu élargir le cadre initial de notre étude, la connaissance de ces problèmes étant nécessaire pour étayer une étude plus spécialisée.

Une difficulté allait se présenter très rapidement : la rareté de ce poisson, rareté qui ne fait d'ailleurs qu'augmenter d'année en année. Dès la première année de recherches, en 1958, le nombre d'observations était bien réduit malgré les très nombreux déplacements effectués tout au long de la Gironde, de la Dordogne et de la Garonne. L'année suivante, nous avons espéré doubler nos observations en ajoutant celles du Guadalquivir où les esturgeons de la même espèce se reproduisent avant ceux de la Gironde. Mais le nombre d'observations d'esturgeons espagnols a été bien faible.

La Gironde et le Guadalquivir sont les seuls bassins européens où l'esturgeon *Acipenser sturio* est encore relativement abondant. Sur les côtes américaines de l'Atlantique vit un esturgeon migrateur anadrome considéré comme la même espèce *Acipenser sturio* par de nombreux auteurs, et comme une espèce différente *Acipenser oxyrhynchus* Mitchill par d'autres. Cet esturgeon est encore abondant dans le Saint-Laurent : c'est dans ce fleuve que nous sommes allé l'observer; mais avant d'étudier la biologie de ce poisson, encore totalement inconnue, il nous a fallu préciser sa position systématique par rapport à l'esturgeon européen (1).

Enfin les lacs et les grandes rivières du Canada possèdent un esturgeon d'eau douce *Acipenser fulvescens* Rafinesque (2). Il nous a semblé que la comparaison de cette espèce sédentaire avec les espèces migratrices pouvait éclairer et élargir nos connaissances sur cette famille des Acipensérídés.

---

(1) Nous l'appellerons cependant dorénavant *Acipenser oxyrhynchus* pour la clarté et la simplification de l'exposé.

(2) Cette espèce est très souvent appelée dans la littérature *Acipenser rubicundus* Le Sueur la dénomination *Acipenser fulvescens* est plus légitime d'après Hubbs (1917).

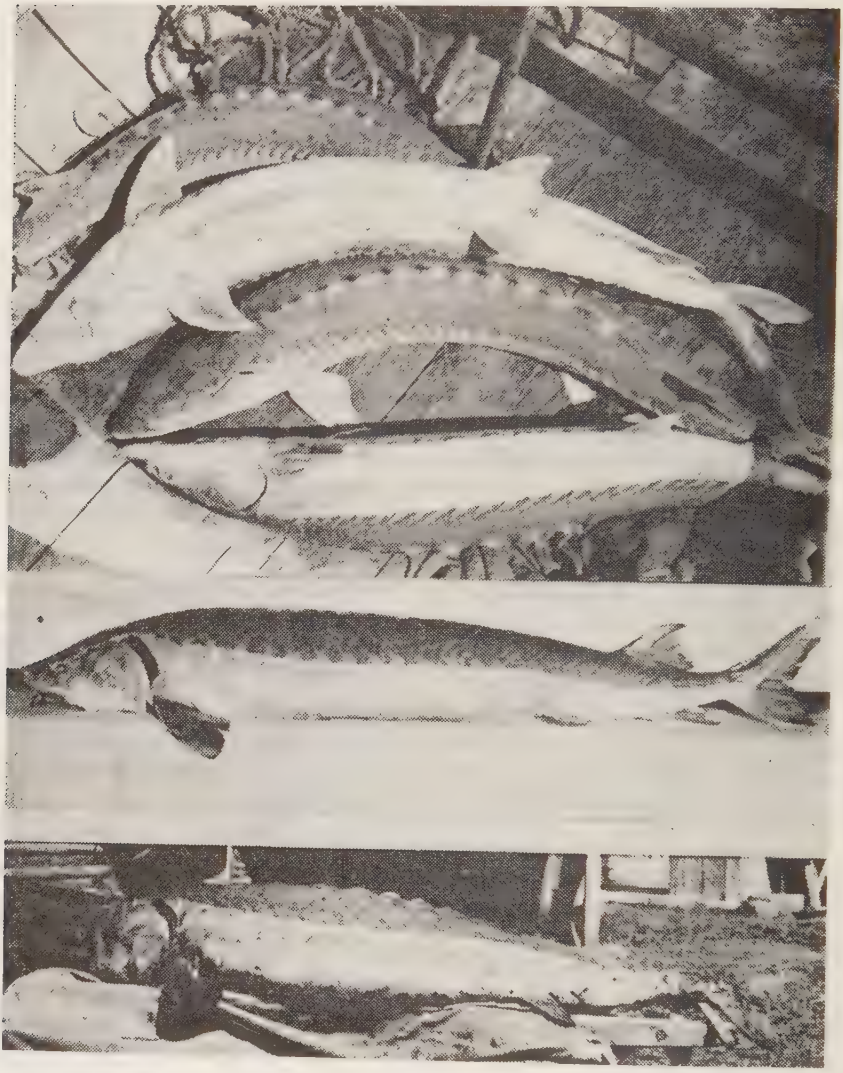


FIG. 1. — Photographies des trois esturgeons étudiés : 4 *Acipenser sturio* de 120 à 150 cm (en haut), 1 *Acipenser fulvescens* de 158 cm (au milieu), et 1 *Acipenser oxyrhynchus* de 267 cm (en bas). Les deux dernières photographies nous ont été communiquées par le Centre biologique de Québec.

Ce rapide historique de nos recherches explique le plan définitif du travail que nous présentons ici. La première partie replace les trois esturgeons étudiés dans leur cadre systématique et géographique. La deuxième partie précise les différences morphologiques et morphométriques des trois esturgeons. La troisième partie enfin étudie la biologie générale de ces trois poissons : leur crois-

sance, leurs migrations, leur nourriture, les modalités de l'adaptation de leur milieu intérieur en face des changements du milieu extérieur et le problème de leur reproduction.

Les difficultés d'une telle étude ont pu être surmontées grâce à l'aide que nous avons rencontrée partout, et que nous devons signaler ici :

M. l'abbé HOESTLANDT, professeur de zoologie à la Faculté libre des Sciences de Lille nous a proposé le sujet et a suivi notre travail de très près depuis ses débuts jusqu'à la fin.

M. le Professeur M. FONTAINE nous a apporté dès le départ son expérience profonde des poissons migrateurs : il a orienté notre travail et nous a aidé bien souvent de ses conseils.

M. le Professeur M. PRENANT a bien voulu s'intéresser à ces recherches et présider le jury chargé de juger ce travail présenté comme thèse de doctorat ès-sciences naturelles à la Faculté des sciences de Paris. MM. les Professeurs G. PETIT et Ch. DEVILLERS ont accepté de faire partie de ce jury.

M. l'Ingénieur général des eaux et forêts CHARPY a été le promoteur de ces recherches sur l'esturgeon et nous a aimablement fourni toute la documentation qu'il possédait sur ce sujet.

La liste de ceux qui nous ont encore aidé sur le plan scientifique et technique est longue, et nous nous excusons bien vivement si nous avons fait des oublis.

Nous citerons les noms de :

Mlle TUZET, professeur de zoologie à la Faculté des sciences de Montpellier;

M. le Professeur LIEFOOGHE, de la Faculté libre de médecine de Lille;

M. le Docteur VLADYKOV, professeur à l'Université d'Ottawa;

M. le Professeur SCHLIEPER, de l'Institut océanographique de Kiel;

M. le Chanoine RULLIER, professeur à la Faculté libre des sciences d'Angers;

M. le Conservateur P. VIVIER, directeur de la station centrale d'hydrobiologie de Paris;

M. LAURENT, directeur de la Station d'hydrobiologie de Thonon;

M. PRIOUX, réalisateur d'un film documentaire sur les esturgeons de la Gironde;

M. GIRARDIN, ingénieur des ponts et chaussées, port autonome de Bordeaux, Service des accès;

M. Gérard BEAULIEU du Centre biologique de Québec;

M. J. P. CUERRIER, du Service canadien de la faune, Ottawa;

M. le Docteur PREVOST, M. le Docteur ROUSSOW et M. LEGENDRE directeur et biologistes de l'Office de biologie de Montréal;

M. le Docteur d'ANCONA, professeur à l'Université de Padoue;

M. FURNESTIN, directeur de l'Institut des pêches maritimes;

M. M. VALOUR, Faculté catholique de médecine de Lille;

M. CALDERON, ingénieur en chef de la Station d'hydrobiologie de Madrid;

M. JUAN DE AIZPURU RODRIGUEZ, ingénieur des pêches de la province de Séville;

M. SUTRA, producteur de caviar à Bordeaux;

M. Étienne MAGOT, ancien pêcheur à Gauriac;

M. Castaingt, ingénieur des eaux et forêts à Bordeaux;
M. Girveau, président de la Fédération de pêche de la Gironde;
M. Vignaud, garde-chef fédéral à Castillon-la-Bataille;
MM. les Administrateurs de l'inscription maritime des quartiers de Bordeaux, Marennes et Oléron;
Le Père de Chavagnac, professeur à l'Institution Sainte-Marie à Saint-Chamond.

Les divers laboratoires auxquels nous avons demandé l'hospitalité nous ont réservé le meilleur accueil et ont mis à notre disposition tout le matériel dont nous avions besoin. Nous citerons le laboratoire d'analyses médicales de l'hôpital des enfants à Bordeaux, dépendant de M. le Professeur Vitte, le laboratoire d'histologie et le laboratoire de chimie biologique de la Faculté de médecine de Bordeaux dirigés respectivement par M. le Professeur Mayer et M. le Doyen Tayeau, la Station biologique d'Arcachon dirigée par M. le Professeur Weill; les divers laboratoires du département de biologie de l'Université d'Ottawa dirigés par M. le Professeur Dugal et enfin le laboratoire de biologie du département des pêcheries de Québec dirigé par M. le Docteur Corbeil.

Les nombreux déplacements nécessités par ce travail ont pu être effectués grâce à l'aide financière du Conseil supérieur de la pêche française. L'Ontario Research Foundation nous a accordé par l'intermédiaire du docteur Vladykov une subvention pour les frais de recherches effectués au Canada.

Les Facultés catholiques de Lyon ont aussi grandement facilité notre tâche en nous libérant de notre enseignement durant ces dernières années. Les préparatrices affectées à notre laboratoire de zoologie nous ont apporté une aide technique précieuse : Mme Rouïre, Mlles Erchinger, de Jerphanion et Lacorbière.

A tous et à chacun en particulier nous redisons notre bien sincère et respectueuse gratitude.

PREMIÈRE PARTIE

PRÉLIMINAIRES

PREMIÈRE PARTIE

PRÉLIMINAIRES

Après un rappel succinct de la place des esturgeons dans l'ensemble de la classification des poissons, et après une brève description de leur systématique et de leur répartition dans le monde, nous étudierons plus en détail l'extension actuelle des trois espèces *Acipenser sturio, Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens;* nous décrirons enfin les zones que nous avons prospectées et les méthodes de pêche qui y sont utilisées.

CHAPITRE Ier

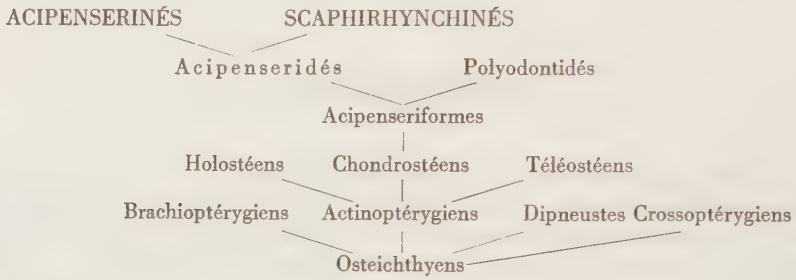
VUE D'ENSEMBLE SUR LES ACIPENSÉRIDÉS

1. Place des esturgeons dans la classification des poissons

Les Acipensérides actuels ou esturgeons font partie de la classe des Ostéichthyens et de la sous-classe des Actinoptérygiens. Avec les Polyodontidés, ils forment l'ordre des Acipensériformes. Certains auteurs divisent immédiatement des Actinoptérygiens en ordres (Berg, 1947), d'autres auteurs préfèrent grouper certains ordres en super-ordres. C'est ainsi que plusieurs ordres fossiles sont agrégés aux Acipensériformes dans le super-ordre des Chondrostéens (Lehman, 1958). Le schéma suivant illustre la position systématique de ces poissons.

Les Acipensériformes présentent de nombreux caractères primitifs : squelette en grande partie cartilagineux, nageoire caudale hétérocerque, valvule spirale intestinale, spiracle, qui les ont fait considérer longtemps comme des poissons peu évolués, intermédiaires entre les Sélaciens et les Poissons osseux (Severtzov, 1928). Cependant, après les études de Stensio (1932), Gregory (1933), Berg (1947), il semble que ce groupe soit au contraire un groupe très évolué; il présente en effet à la fois des caractères de régression (réduction de l'ossification, absence de dents et de rayons branchiostèges), et des caractères de spécialisation (rostre, bouche ventrale, barbillons). Nous ne serions donc pas en face d'un groupe primitif riche en potentialités évolutives mais plutôt devant une fin de série d'évolution orthogénétique. Il faut avouer cependant qu'il y a encore bien des obscurités sur l'évolution des poissons vers les formes actuelles (Jarvik, 1960).

Alors que les Polyodontidés ne sont représentés que par deux genres bien localisés géographiquement : *Polyodon* Lacepede, à l'est des U.S.A. et *Psephurus* Gunther en Chine, les Acipensérídès sont plus nombreux et ont une répartition géographique plus grande.



2. Systématique des Acipensérídés

La classification générale des Acipensérídés a été étudiée principalement par Gunther (1870), Berg (1904), Tchalicov (1944); elle a été précisée récemment par Bailey et Cross (1954), Rostami (1961). Tous ces auteurs adoptent d'ailleurs la même subdivision en deux sous-familles :

Les *Acipensérinés* qui possèdent un spiracle, dont le rostre est de forme conique, plus ou moins pointue et dont le lobe supérieur de la queue n'est pas prolongé par un filament : deux genres : *Acipenser* Linne, *Huso* Brandt.

Les *Scaphirhynchinés* qui n'ont pas de spiracle, dont le rostre est aplati en forme de pelle, et dont la queue se prolonge par un filament : deux genres : *Scaphirhynchus* Heckel, *Pseudoscaphirhynchus* Bogdanov.

Tous les auteurs s'accordent pour reconnaître deux espèces de *Huso* : *Huso huso* L, et *Huso dauricus* Georgi; deux espèces de *Scaphirhynchus* : *S. album* Forbes et Richardson et *S. platorhynchus* Raf; trois espèces de *Pseudoscaphirhynchus* : *P. Kaufmanni* Bogdanov, *P. Kermanni* Kessler et *P. feldtshenkoi* Kessler. Par contre, le nombre d'espèces d'*Acipenser* est moins précis : il semble cependant que l'on puisse donner le chiffre de 17 ou 18. Nous verrons dans la deuxième partie de ce travail les raisons de cette imprécision. Mais il nous faut aussi ajouter que, si quelques espèces ont encore un intérêt commercial certain, la plupart sont en voie de disparition.

3. Répartition des Acipensérídés dans le monde

Nous avons déjà présenté une étude sur la répartition des Acipensérídés dans le monde (Magnin, 1959[1]). Sans vouloir reprendre en détail la répartition de chaque espèce, nous nous bornerons à donner une vue synthétique

(1) On trouvera dans cet article la bibliographie sur cette répartition.

rapide de cette question et à tirer de là quelques remarques générales (fig. 2). Notons que si quelques espèces sont confinées dans les eaux douces, la plupart sont migratrices anadromes.

FIG. 2. — Carte de répartition des esturgeons dans le monde.

FIG. 3. — Carte de répartition de l'*Acipenser sturio*. Les triangles indiquent les fleuves que cet esturgeon remonte pour frayer. Les petits points montrent les points de remontée extrêmes.

Dans le bassin de la mer noire, on compte une espèce d'eau douce *A. ruthenus* et cinq espèces migratrices : *Huso huso*, et les *Acipenser guldenstaedti, nudiventris, stellatus* et *sturio*.

Dans le bassin de la mer Caspienne on trouve les mêmes espèces sauf *Acipenser sturio*.

Dans le bassin de la mer d'Aral sont cantonnées les trois espèces de *Pseudoscaphirhynchus* vivant en eau douce, et une espèce migratrice d'*Acipenser* : *A. nudiventris*.

En Sibérie : deux espèces d'eau douce : *Acipenser baeri* et *A. ruthenus*.

En Méditerranée et dans l'Adriatique, l'esturgeon a presque disparu : on y signale l'*Huso huso* et deux *Acipenser : sturio* et *nacarii*.

Sur les côtes européennes de l'Océan atlantique, de la mer du Nord, de la Baltique : l'*Acipenser sturio*.

Sur les côtes orientales américaines de l'Atlantique : deux espèces migratrices : *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser brevirostris*.

Dans l'est de l'Amérique on a trois esturgeons d'eau douce : les deux espèces de *Scaphirhynchus* cantonnées dans le bassin du Mississipi et l'*Acipenser fulvescens* à répartition plus large, comme nous le verrons plus loin.

Sur les côtes américaines du Pacifique, deux espèces migratrices s'y rencontrent : *Acipenser transmontanus* et *Acipenser medirostris*.

Sur les côtes asiatiques du Pacifique enfin, on trouve l'*Huso dauricus* et six espèces d'*Acipenser : medirostris, shrenki, sinensis, dabryanus, multisudcatus* et *kikuchii*.

La répartition géographique des Acipenséridés présente quelques caractéristiques intéressantes à signaler :

1° Les esturgeons sont cantonnés dans l'hémisphère nord;

2° Leur répartition est très fluide : ils ont disparu de nombreuses rivières où ils ont été signalés dans le passé;

3° Cette répartition diluée sur une aire immense est caractéristique d'un groupe anciennement important et actuellement en voie de disparition;

4° Enfin, comme le fait remarquer Rostami (1961), « les espèces migratrices actuellement les plus abondantes sont concentrées non dans des mers typiques mais dans des eaux saumâtres (Caspienne, mer d'Azov, mer Noire) ».

CHAPITRE II

EXTENSION ACTUELLE ET PASSÉE DES TROIS ESPÈCES ÉTUDIÉES

1. *Acipenser sturio*

La carte de répartition de l'*Acipenser sturio* (fig. 3) donne les principaux points où cet esturgeon a été signalé dans le passé. On s'aperçoit qu'il était répandu dans toute l'Europe, dans les mers et océans, et les fleuves et les rivières qui s'y jettent.

Dans la mer Baltique. Les esturgeons remontaient autrefois les principales rivières :

— la Néva jusque dans le lac Ladoga et même dans le Svir et le lac Onéga (Tchalicov, 1949);
— le Niémen (*id.*);
— la Vistule (Sterner, 1819; Kulmatycki, 1933; Meyer 1950);
— l'Oder (Tchalicov, 1949).

Il a pratiquement disparu actuellement de la mer Baltique.

Dans la mer du Nord. L'esturgeon a été signalé dans les différents fleuves suivants :

— l'Eider (Thedens, 1925; Ehrenbaum, 1894-1923);
— l'Elbe (Sterner, 1819; Meyer, 1950);
— la Weser (Tchalicov, 1949);
— l'Ems (Ehrenbaum, 1894-1923).

En 1890, il se vendait encore 3 300 esturgeons au marché de Hambourg, provenant de ces différentes rivières : le déclin a commencé alors, et actuellement la capture d'un esturgeon est devenue très rare.

Le Rhin et la Moselle (Dumeril, 1870; D.S.N., 1819; Anonyme, 1922) : la pêche de l'esturgeon à l'embouchure du Rhin s'est arrêtée en 1917.

La Meuse (Vehrey, 1949) : la pêche a fortement diminué à partir de 1920 pour devenir nulle actuellement.

Sur les côtes anglaises, dans la Tamise et le Trent (Day, 1880; Norman et Fraser, 1938; Rae et Wilson, 1952), il n'a jamais été très abondant.

Sur les côtes norvégiennes (Nikolski, 1957) la même remarque est valable.

Dans la Manche. Ils remontaient la Seine.

Dans l'océan Atlantique. Ils ont été signalés sur les côtes d'Irlande (Went, 1948, 1954 et 1956) et tous les grands fleuves tributaires de l'Océan.

Le Severn (Smyth, 1618; Bridge et Boulenger, 1958). Si l'esturgeon remontait autrefois la plupart des rivières de l'Angleterre (Pennant, 1769), il ne semble pas qu'il ait été très abondant. Un édit d'Édouard II, non aboli, classe l'esturgeon dans les poissons réservés au roi.

La Loire (D.S.N., 1819).

La Gironde (Belon du Mans, 1551; Rondelet, 1544, 1558; Roule, 1922).

L'Adour (Moreau, 1881; Roule, 1922). Il y a eu une très grosse remontée en 1943 jusqu'au confluent du Gave.

Le Tage et le Guadiana (Velez Soto, 1951; de Rada, 1954). L'esturgeon a disparu de ces deux derniers fleuves.

Le Guadalquivir (Classen, 1944; Charpy, 1951).

L'oued Massa et au large de Mazagan au Maroc (Furnestin et coll., 1958).

Dans la Méditerranée. Ils remontaient les principaux fleuves :

— l'Èbre (Lozano y Rey, 1952);

— le Rhône, la Saône, le Doubs (Charte du XV^e^ siècle d'après Boinet, 1910; Rondelet, 1544; D.S.N., 1819). En 1923, Roule signale encore trois captures entre Avignon et Beaucaire;

— le Tibre (Milone, 1896; d'Ancona, 1926).

On l'a signalé sur les côtes tunisiennes (Heldt, 1934). On peut dire que l'*Acipenser sturio* a pratiquement disparu de la Méditerranée.

Dans l'Adriatique. Il a été signalé dans le Pô (d'Ancona, 1924, 1926; Paccagnella, 1948) et il s'en prend encore occasionnellement (Zanandrea et Marchetti, comm. personnelle).

Dans la mer Noire il remonte :

— le Danube (Antipa, 1934; Antoniu, 1937; Slastenenko, 1936, 1939);

— le Rion (Marti, 1939; Tchalicov, 1949).

L'*Acipenser sturio* est donc très nettement en voie de disparition, il n'est plus pêché de façon systématique que dans le Guadalquivir et la Gironde. Dans le Guadalquivir son déclin est déjà plus prononcé : les pêches annuelles se chiffrent par moins de 100 captures (de Rada, 1954); pour 1957, M. Juan de Aizpuru Rodriguez nous a donné le chiffre officiel de 27 poissons. En Gironde, il semble que le nombre des captures annuelles de poissons adultes mâles et femelles dépasse le millier : c'est donc de très loin la réserve d'*Acipenser sturio* la plus riche d'Europe.

2. *Acipenser oxyrhynchus*

L'*Acipenser oxyrhynchus* est une espèce migratrice qui remonte de l'océan Atlantique dans la plupart des rivières de l'Amérique du Nord depuis le Labrador jusqu'au golfe du Mexique (fig. 4). Il a été signalé du Nord au Sud :

— dans la baie de Hamilton (Backus, 1951, 1957);

— dans le golfe du Saint-Laurent (Cox, 1921) et le fleuve Saint-Laurent (Vladikov, 1946, 1947, 1953, 1955; Scott, 1954; Vladykov et Mc Allister, 1961);

— au sud de Terre-Neuve (Magnin et Beaulieu, 1960).

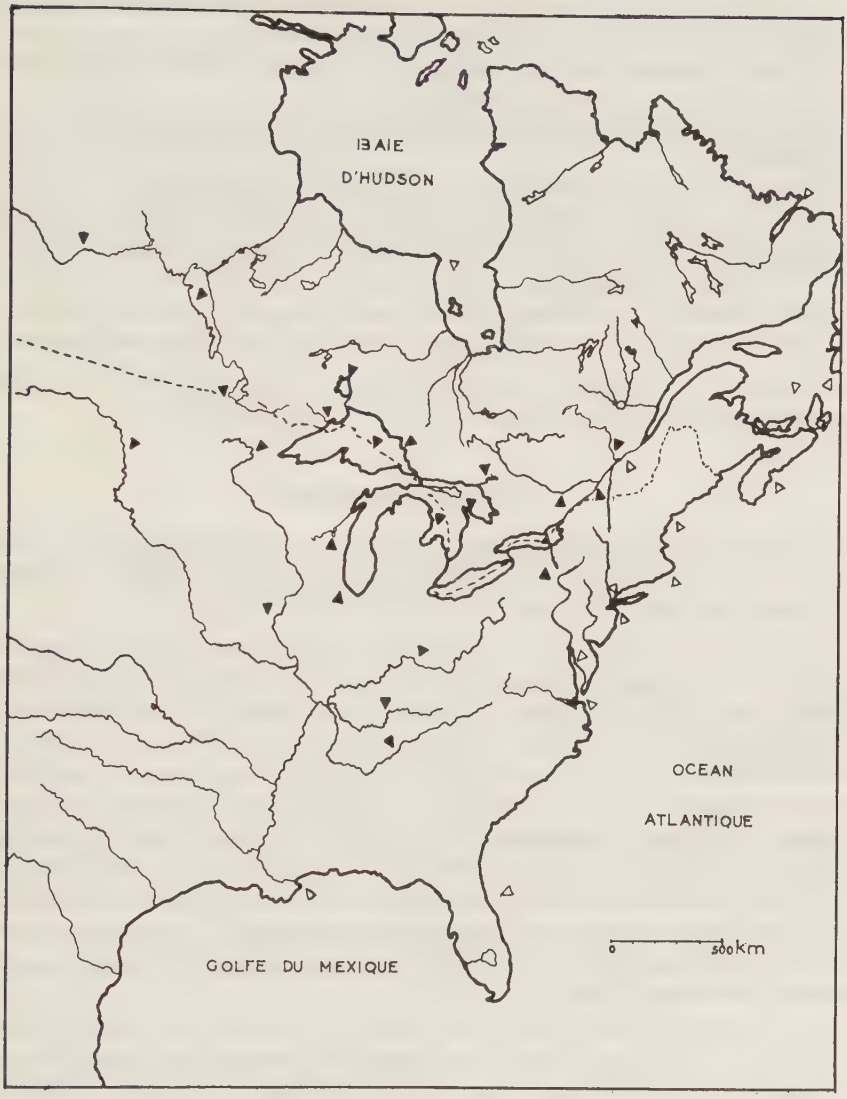


FIG. 4. — Carte de répartition des *Acipenser oxyrhynchus* et *fulvescens* dans la partie orientale de l'Amérique du Nord. Triangles blancs : *A. oxyrhynchus;* triangles noirs : *Acipense fulvescens.*

— sur les côtes de la Nouvelle-Écosse (VLADYKOV, 1953; MAGNIN et BEAULIEU, 1960);

— dans le golfe du Maine (SULLIVAN, 1795; WILLAMSON, 1832; EATON, 1851; STORER, 1863; KENDALL, 1914; Mc CABE, 1943; BIGELOW et SCHROEDER, 1936, 1953);

— dans la rivière Hudson (Mitchill, 1815; Bean, 1908; Currian et Ries, 1937; Greeley, 1937; Moore, 1937; Townes, 1937);

— dans la rivière Delaware (Dean, 1894; Ryder, 1890; Borodin, 1925) mais maintenant en voie de disparition;

— dans la baie Chesapeake (Hildebrand et Schroeder, 1928), très rare actuellement;

— sur les côtes de Floride (Jordan et Everman, 1896, 1900);

— dans le golfe du Mexique, il remonte le Mississipi; Vladykov, (1955) pense qu'il s'agit là d'une sous-espèce : *Acipenser oxyrhynchus de sotoi.*

— un spécimen d'*Acipenser oxyrhynchus* pris sur les côtes de la Guyane française a été décrit par Dumeril, 1867, sous le nom d'*Acipenser Cayennensis :* c'est la seule recension d'esturgeon qui ait été faite si près de l'équateur.

Cette espèce a été signalée aussi dans la baie d'Hudson par Prince (1898) mais cette affirmation a été mise en doute par Backus (1951).

3. *Acipenser fulvescens*

Poisson d'eau douce, l'*Acipenser fulvescens* se trouve dans les lacs et les principales rivières de la partie orientale de l'Amérique du Nord : Canada et États-Unis (fig. 4).

La zone la plus occidentale où l'on trouve cet esturgeon est la région des provinces des Prairies : Saskatchéwan et Manitoba. Butler (1950), après Richarsdon (1852) et Bajkov (1930), donne un aperçu de la répartition de ce poisson dans le complexe hydrographique de cette région, tributaire de la baie d'Hudson.

Il a été signalé dans le lac Winipeg et les principales rivières qui se jettent dans ce lac : Saskatchewan, Assiniboine et Red. Le lac de Woods a été très riche en esturgeons dans le passé (31e année, Rep. 1899; Everman et Latimer, 1911; Gaultier de Varenne de la Verendrye, 1732, d'après Burpee, 1927). Mais dans toute cette région l'importance commerciale de ce poisson est devenue à peu près nulle (Butler, 1950; Carlander, 1949), bien qu'on le signale encore (Anonyme, 1954).

La région des grands Lacs voit aussi le déclin de cette pêche (La Gorce, 1939). L'esturgeon a été signalé dans le lac Supérieur (31e année, Rep. 1899; Hubbs et Lagler, 1949, 1958) dans le lac Huron et la baie Géorgienne (31e année, Rep. 1899), dans le lac Michigan (Forbes et Richardon, 1920). On le trouve aussi dans la plupart des petits lacs de cette région : le lac Pokegama dans le Minnesota (Barney, 1924), le lac Winebago (Schneberger, et Woodbury, 1944; Probst, 1954; Probst et Cooper, 1955), le lac Nipigon (Harkness, 1923; Dymond, 1926; Clemens et coll. 1923), le lac de Cross (Dence, 1952) et le lac Nippissing (Dymond, 1926).

L'*Acipenser fulvescens* est encore très abondant actuellement dans le réseau hydrographique de la rivière Ottawa (Dymond, 1939) et du fleuve Saint-Laurent (Cuerrier, 1946, 1949; Cuerrier et Roussow, 1951; Roussow, 1955;

Vladykov et Mc Allister, 1961). Il se trouve dans la plupart des affluents : lac Champlain et rivière Richelieu en particulier (Stone, 1901; Carter, 1905; Barney, 1924).

Cet esturgeon d'eau douce se trouve enfin dans tout le bassin du Mississipi : dans le haut du fleuve tout d'abord (Meek, 1892; Smith, 1898; Towsend, 1902; Forbes et Richardson, 1920; Friedler, 1933; O'Donnel, 1935; Eddy et Surber, 1943; Barnikol et Starret, 1951; Carlander, 1954) et aussi dans ses affluents : la rivière Ohio (Everman, 1918; Trautman, 1957), le Tennessee et le Cumberland (Woolman, 1892; Everman, 1918; Kuhne, 1939).

CHAPITRE III

DESCRIPTION DES ZONES PROSPECTÉES ET DES MODES DE PÊCHE UTILISÉS

L'étude de la biologie d'un poisson suppose une connaissance au moins sommaire du milieu dans lequel il vit. Aussi, avons-nous rassemblé ici toutes les données bibliographiques et personnelles que nous possédions sur les caractéristiques géographiques et physico-chimiques des eaux dans lesquelles vivent les esturgeons que nous avons étudiés. Nous ajouterons la description des méthodes de pêche utilisées dans les différentes régions. Nous aurons souvent, en effet, l'occasion, dans ce travail, de faire allusion aux engins de pêche utilisés: cette description présente un double intérêt scientifique :

1° Elle nous renseignera d'une part sur la valeur représentative de l'échantillonnage effectué : en effet, pour que des échantillons puissent être considérés comme représentatifs d'une population il faut qu'ils aient été prélevés au hasard sans aucune sélection préalable; or il est évident que les engins de pêche opèrent une sélection parmi les poissons capturés.

2° Dans l'étude du milieu interne, la connaissance du mode de pêche sera aussi nécessaire. Nous verrons en effet que les manipulations exercent une action profonde sur l'équilibre hydrominéral des poissons.

1. En Europe : *Acipenser sturio*

Nous avons prospecté en Europe les deux bassins de la Gironde et du Guadalquivir, les seuls où l'esturgeon *Acipenser sturio* est encore exploité commercialement. Les renseignements sur le Guadalquivir sont beaucoup plus succincts que ceux que nous avons recueillis sur la Gironde.

A. Bassin de la Gironde (fig. 5).

Nous décrirons en détail plus loin les déplacements de cette espèce migratrice (III[e] partie, chapitre II), mais il nous faut donner ici rapidement la répartition statique de ce poisson dans l'ensemble du réseau hydrographique. Nous donnerons ensuite quelques caractéristiques géographiques sur la Garonne, la Dordogne, et l'estuaire de la Gironde, la zone littorale près de l'embouchure, et enfin quelques caractéristiques physico-chimiques des eaux en divers points de cet ensemble (en particulier salinité, oxygénation et température). Nous décrirons enfin les modes de pêche utilisés dans les différentes zones.

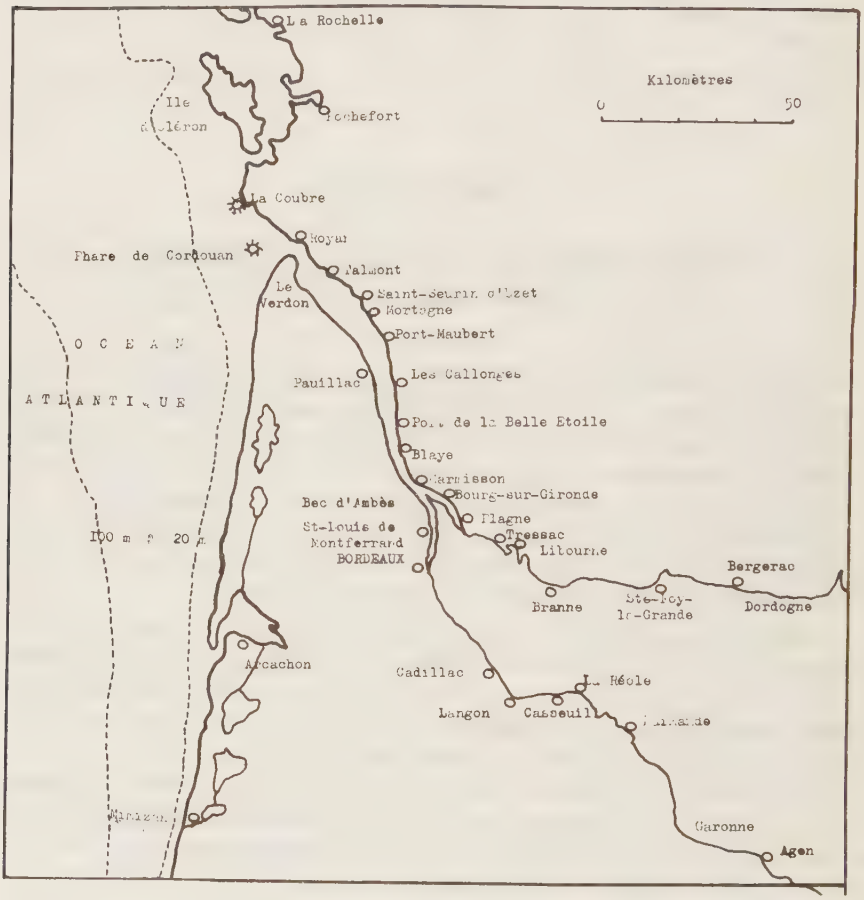


Fig. 5. — Carte du Bassin de la Gironde.

Extension actuelle de l'Acipenser sturio dans le bassin de la Gironde. — Les géniteurs remontent actuellement principalement la Dordogne jusqu'à Bergerac où ils sont arrêtés par un barrage. Autrefois, ils remontaient surtout la Garonne (Moreau, 1881; Darlet et Prioux, 1950) jusqu'à Toulouse (Roule,

1922) : quelques-uns empruntent encore cette rivière mais ils ne semblent pas monter en amont d'Agen. Les esturgeons se pêchent aussi évidemment en aval du bec d'Ambès où les deux rivières se réunissent pour former l'estuaire de la Gironde.

En mer, les esturgeons se dispersent de part et d'autre de l'embouchure du fleuve. Quelques-uns vont vers le Sud jusqu'au niveau de Mimizan Plage. La plupart se dirigent vers le Nord, sur les côtes de l'Ile d'Oléron, de l'île de Ré et de l'île d'Yeu. Leur nombre va d'ailleurs en décroissant à mesure que l'on s'éloigne de l'embouchure (Letaconnoux, 1961). On prend quelquefois des esturgeons en dehors de cette aire, près des côtes de Bretagne, d'Angleterre et d'Irlande : en 1951 par exemple, 7 esturgeons ont été pris sur les côtes nord de la Bretagne dans la baie de Saint-Brieuc (1). Il est probable que ces spécimens proviennent de la Gironde car il n'existe pas d'autres colonies importantes d'esturgeons plus proches.

En résumé, et de façon très schématique, on peut dire que le domaine actuel de l'*Acipenser sturio* de la Gironde comprend :

— 200 km de rivières = 100 km en Garonne, 100 km en Dordogne;
— 100 km d'estuaire;
— 100 km de côtes de part et d'autre de l'embouchure où l'on dénombre la majorité des captures effectuées en mer.

Données hydrographiques. — Les renseignements que nous possédons sur ce réseau hydrographique immense proviennent des sondages effectués en 1961 (2) par le port autonome de Bordeaux.

La Dordogne et la Garonne au niveau de Libourne et de Bordeaux ont à peu près 1/2 km de largeur, et 5 m de profondeur à marée basse; suivant les coefficients de marée, les eaux peuvent monter de 3,5 à 5,5 m.

A leur confluent au bec d'Ambès, l'estuaire a 3 km de largeur environ. Celui-ci s'élargit peu à peu jusqu'à 4,5 km au niveau des Callonges et à 10 km au niveau de Mortagne. Très schématiquement, on peut dire que le lit de l'estuaire est divisé en deux par une série de bancs de sables et d'îles s'étendant sur presque toute sa longueur. La portion nord est peu profonde passant de 4 m environ au large des Callonges, à 10 m au niveau de Talmont. La partie sud est beaucoup plus profonde passant de 7 m au large des Callonges à 15 m au large de Talmont : c'est là que passent les navires de fort tonnage. Dans l'ensemble de l'estuaire, la hauteur des marées varie, suivant le coefficient, de 4 à 5,57 m.

Près de l'embouchure, l'estuaire se resserre brusquement par l'avancée de la pointe du Verdon. Ce promontoire refoule les eaux du fleuve vers le Nord : celles-ci suivent alors la côte entre Royan et le phare de la Coubre. C'est là, seulement que le lit sous-marin du fleuve s'ouvre en éventail sur l'océan. Cette configuration explique évidemment la répartition en mer des esturgeons. La carte de la figure 5 donne les courbes de niveau de 20 à 100 m le long des côtes de l'Atlantique.

---

(1) Communication personnelle de M. Therezien.
(2) Renseignements fournis par M. Girardin, Service des accès, port autonome de Bordeaux.

Données physico-chimiques. — Une série d'analyses ont été faites en différents points de cet ensemble hydrographique (1). Ces données ont évidemment une valeur bien relative car les caractères physico-chimiques d'une rivière et à plus forte raison d'un estuaire dépendent de multiples paramètres et sont donc en évolution constante. Elles nous donnent cependant sur la composition des eaux des ordres de grandeurs qui nous paraissent utiles à signaler. L'ensemble des résultats est contenu dans le tableau I. Nous allons nous arrêter sur trois points particuliers qui nous semblent plus intéressants pour cette étude : les variations de la salinité, de l'oxygénation et de la température.

TABLEAU 1

Quelques données physico-chimiques des eaux de la Dordogne, de la Garonne et de la Gironde; ces analyses ont été effectuées les 11, 12 et 13 juin 1959

Numéro	Localité	Température °C	pH	O_2 mg/litre	Alcalinité mg/litre de $CaCO_3$	Salinité mg/litre de ClNa
Dordogne :						
XIV.....	Bergerac.....	16,5	7,35	9,4	75	6
XIII.....	Sainte-Foy.....	16,5	7,30	9,2	80	7,5
XII.....	Branne.....	17,5	7,4	9	90	8
XI.....	Tressac.....	18	7,6	9,1	95	10
X.....	Plagne.....	19	7,65	8,6	90	10
IX.....	Bourg.....	19	7,6	8,5	90	13
Garonne :						
VIII.....	La Réole.....	17,5	7,55	9,2	105	8
VII.....	Cadillac.....	17,5	7,55	9,1	110	10
VI.....	Saint-Louis-de-Montferrand.....	18,5	7,4	8,1	110	12
V.....	Bec d'Ambez.....	17,5	7,3	7,6	115	15
Gironde :						
IV.....	Marmisson.....	19	7,5	7,6	110	16
III.....	Belle-Étoile.....	19	7,6	8	120	328
II.....	Callonges.....	18,5	7,6	8,2	120	4 650
I.....	Saint-Seurin-d'Uzet..	–	7,6	8,8	125	28 800

(1) Analyses faites par M. ORSONNEAU avec la camionette laboratoire des Eaux et Forêts de la région du Sud-Ouest.

En amont du bec d'Ambès, la salinité des eaux de la Garonne et de la Dordogne devient très faible : 16 mg/l à la station IV (Marmisson) au débouché de la Dordogne, et 15 mg/l à la station V au débouché de la Garonne. La salinité continue cependant à décroître en amont comme le montre le graphique de la figure 6. Corvest (1936) a étudié les variations de la salinité des eaux de la Garonne à Bordeaux au cours d'une année : les valeurs extrêmes qu'il a déterminées 11,7 et 17,5 mg/l montrent bien qu'il n'y a plus aucune influence des eaux salées à ce niveau du fleuve, bien que la marée se fasse sentir jusqu'à Casseuil situé à 60 km en amont de Bordeaux.

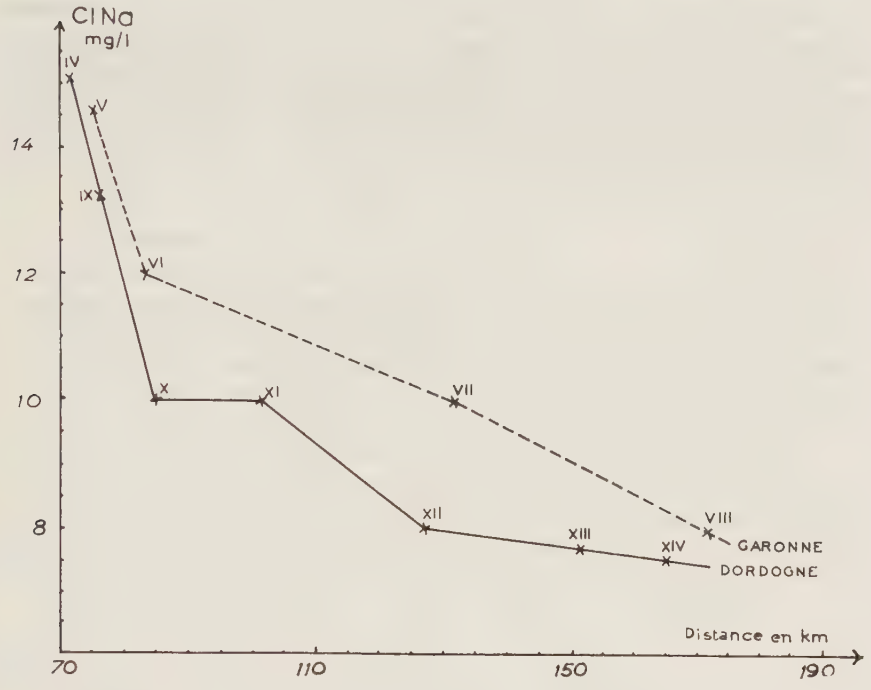


Fig. 6. — Teneur en ClNa des eaux de la Garonne et de la Dordogne en amont du bec d'Ambès. Les chiffres romains correspondent aux localités désignées dans le tableau 1. Les abscisses portent les distances de ces localités à l'embouchure de la Gironde.

Dans l'estuaire proprement dit la salinité est évidemment très variable, suivant l'heure de la marée et aussi suivant le coefficient de la marée. Nos données n'ont évidemment de ce fait qu'une valeur très relative. Nous avons cependant des données plus précises provenant du port autonome de Bordeaux : en face des Callonges la salinité varie suivant l'heure de la marée de 0,2 à 5 g/litre et en face de Mortagne de 7 à 23 g/litre.

L'énorme apport d'eaux continentales que représente le déversement de la Gironde a une très grande influence sur la salinité des eaux océaniques situées

près de l'estuaire, et cette influence se fait sentir très loin, au-delà même de la bordure du plateau continental (Le Danois, 1936). Les chiffres donnés par cet auteur proviennent d'une croisière effectuée en mai-juin 1935. A 10 m de profondeur les eaux ont une salinité de 32 ‰ jusqu'à une cinquantaine de kilomètres de l'embouchure; plus loin, jusqu'à près de 200 km la salinité n'est encore égale qu'à 33 ‰, et on retrouve cette même salinité tout le long de la côte depuis le bassin d'Arcachon au Sud, jusqu'au niveau de l'île de Ré au Nord. A 50 m de profondeur, dans les mêmes limites la salinité varie de 35 à 35,2 g/litres. L'ensemble du plateau continental présente donc une dessalure caractéristique.

Les variations de la teneur en oxygène suivant les lieux ont été illustrées dans la figure 7. On retrouve pour la Gironde un phénomène signalé dans beaucoup d'estuaires : l'oxygénation y est non seulement plus faible qu'en amont du fleuve mais aussi plus faible qu'en mer. Ce phénomène est en contradiction avec l'hypothèse suivant laquelle les poissons migrateurs seraient attirés vers les eaux oxygénées au moment de la fraye.

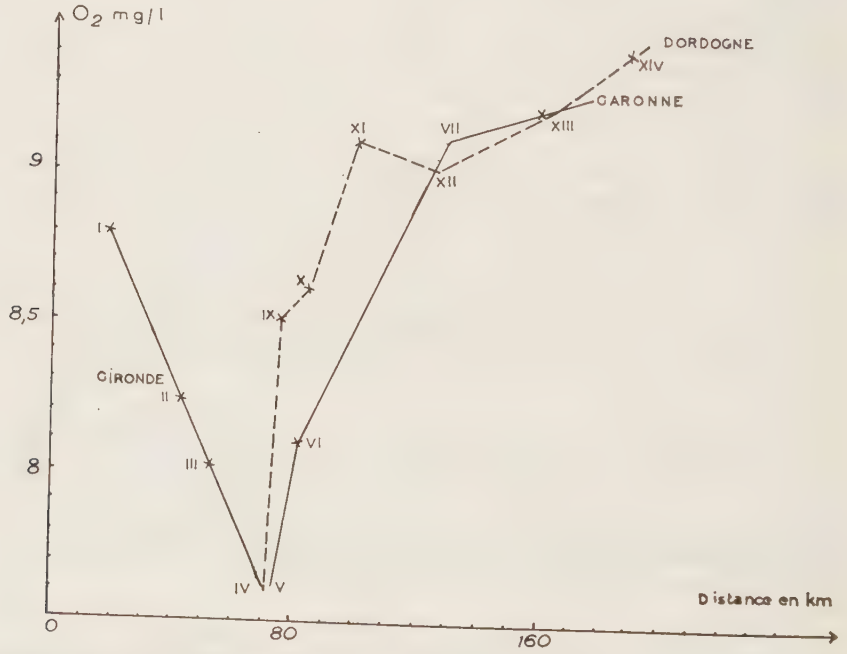


Fig. 7. — Teneur en O_2 des eaux de la Gironde, de la Garonne et de la Dordogne. Les chiffres romains correspondent aux localités désignées dans le tableau 1. Les abscisses portent les distances des localités à l'embouchure de la Gironde.

Il serait intéressant de connaître les variations de la température au cours de l'année en différents points du bassin girondin, dans la mer comme dans l'estuaire. Les seules données complètes que nous avons pu recueillir sont les observations faites de 1947 à 1952 sur les eaux de la Garonne à Bordeaux et qui nous

ont été communiquées par le port autonome de Bordeaux. Les eaux sont les plus froides à la fin janvier (de 3 à 8 °C); elles se réchauffent ensuite peu à peu (14 à 19 °C à la fin avril) pour arriver au maximum à la fin juillet (22 à 26 °C) enfin, la température des eaux baisse rapidement (11 à 16 °C à la fin octobre).

Nous n'avons aucune donnée sur la température des eaux de l'estuaire. Pour les eaux océaniques nous pouvons citer les résultats obtenus au cours des croisières du navire « Président Théodore Tissier » (Le Danois, 1936). Aux profondeurs de 50 à 100 m, les eaux de l'Atlantique entre Arcachon et la Bretagne ont des températures de 10 °C près des côtes, et de 11 °C plus loin aux mois de mai-juin. Ces températures sont respectivement 11 et 12 °C en novembre.

Modes de pêche. — Durant la période de fraye, les pêcheurs de la Gironde et quelques pêcheurs de la Dordogne jusqu'à Libourne se consacrent uniquement à la pêche des gros esturgeons. Ils utilisent pour cela des filets spéciaux appelés localement des « créacquières » du nom de « créac » donné aux esturgeons. Ce sont des tramails dérivants de plus de 100 m de long, munis de flotteurs de liège et faits de plusieurs nappes de mailles différentes, les plus petites ayant au moins 11 cm de côté.

La pêche commence une heure avant la marée haute; on pêche aussi durant la pleine mer, quand l'eau est étale. On lève le filet au retour de flot lorsque le courant devient trop fort. Les meilleures marées sont celles à faible coefficient c'est-à-dire les marées de quartier. Quand un poisson est pris, on lui passe une corde dans les branchies et la bouche, et on l'amarre au bateau jusqu'au retour du port. Dans chaque port, une ou plusieurs personnes préparent immédiatement le caviar lorsqu'on ramène une femelle prête à pondre.

En amont de Libourne sur la Dordogne, et en Garonne, la pêche à l'esturgeon ne se fait pas systématiquement. On prend ces poissons en même temps que les aloses à la senne. Il y a une dizaine années, sur la Garonne, on pêchait encore l'esturgeon à l'épervier.

En mer enfin, de nombreux esturgeons se prennent au chalut.

B. Bassin du Guadalquivir (fig. 8).

A 100 km de son embouchure le Guadalquivir présente une conformation très particulière. En effet, peu après la traversée de Séville, il s'enfonce dans une zone impénétrable, les « Marismas », où il se divise en plusieurs bras qui se divisent à leur tour et se perdent dans les zones marécageuses. Mais un peu avant l'embouchure, toutes les eaux convergent finalement en un cours unique. Ce delta intérieur est une magnifique réserve animale naturelle.

La pêche de l'esturgeon se fait dans les bras les plus profonds du fleuve depuis Sanlucar di Barrameda jusqu'à Coria del Rio où a été installée une petite fabrique de caviar, la seule qui existe sur le fleuve. Les esturgeons remontent plus haut pour frayer, mais ils sont arrêtés actuellement à 15 km en amont de Séville par le barrage d'Alcala del Rio. En amont de Séville on capture accidentellement des esturgeons avec les filets d'aloses. Dans la partie aval du fleuve on utilise des engins de pêche probablement importés de Roumanie appelés

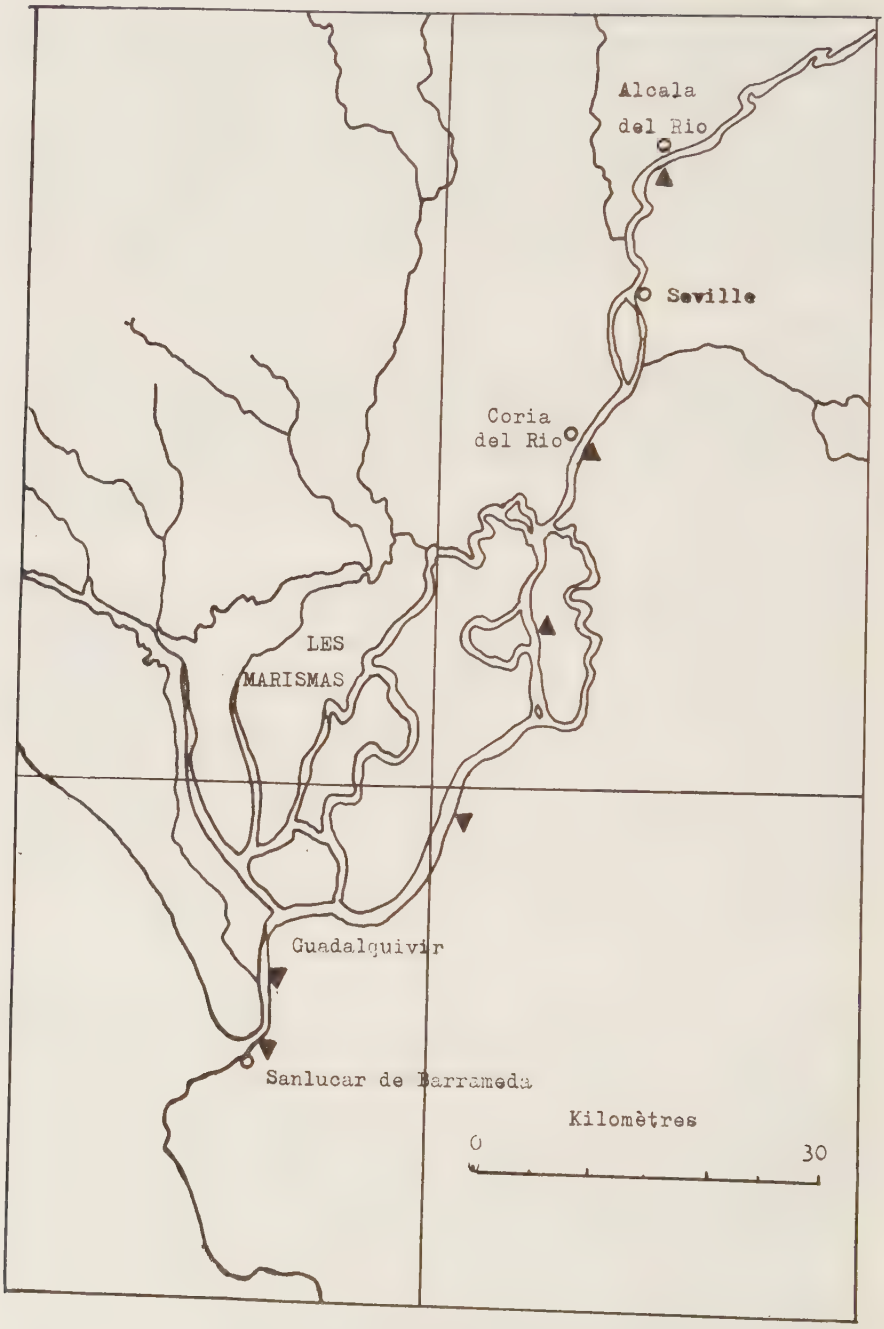


FIG. 8. — Carte du bassin du Guadalquivir.
Les lieux de pêche sont indiqués par des triangles noirs.

« palangres ». Ces palangres sont constituées par une corde-mère de laquelle partent de petites cordes secondaires régulièrement espacées de 80 cm environ, et portant à leur extrémité un crochet finement aiguisé. La corde-mère est tendue en travers du fleuve. Les crochets tombent vers le fond entraînés par leur propre poids ou sont maintenus en pleine eau par des flotteurs de liège; ils ne sont pas appâtés car l'esturgeon migrateur ne mange pas. Les poissons sont accrochés par ces hameçons effilés en un point quelconque du corps. En faisant des efforts pour se dégager, ils sont happés par d'autres crochets. Les poissons capturés ainsi sont ensuite transportés à sec jusqu'à la fabrique de caviar, où ils arrivent encore vivants malgré leurs blessures et malgré la longue durée du trajet (plusieurs heures).

2. Canada : *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens*

Pour chacune des deux espèces canadiennes : *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens,* nous avons prospecté des zones qui différaient le plus possible entre elles, tant au point de vue géographique qu'au point de vue composition physico-chimique des eaux.

L'*Acipenser fulvescens* a été étudié dans trois milieux :

1° Un fleuve important et calme : le fleuve Saint-Laurent près de Québec;
2° Une rivière à fort courant : la rivière Ottawa.
3° Un lac : le lac Nipissing.

L'*Acipenser oxyrhynchus* ne se trouve que dans le bassin du Saint-Laurent sur lequel nous avons choisi deux stations :

1° Une en eau douce entre Québec et Saint-Vallier.
2° Une en eau saumâtre à Kamouraska.

La station de Québec-Saint-Vallier nous a permis d'étudier les deux espèces en même temps. Nous avons donc à décrire trois milieux de vie des esturgeons : le Saint-Laurent, la rivière Ottawa et le lac Nipissing.

A. Le Bassin du Saint-Laurent (fig. 9 et 10).

Le plan de cette étude sera identique à celui adopté pour le bassin girondin : extension des esturgeons dans l'ensemble du fleuve, données hydrographiques, données physico-chimiques et enfin engins de pêche utilisés.

Extension des deux espèces dans le Saint-Laurent. — Nous avons déjà vu plus haut que l'*Acipenser fulvescens* était très abondant dans tout le haut Saint-Laurent et dans la plupart des rivières qui s'y jettent. Il nous reste à préciser la limite aval de son habitat. Espèce d'eau douce il ne s'aventurera que très rarement dans les eaux saumâtres c'est-à-dire en aval de l'île d'Orléans.

L'esturgeon migrateur *Acipenser oxyrhynchus* remonte le Saint-Laurent en amont de Québec, mais le point ultime de sa remontée est mal connu : il peut

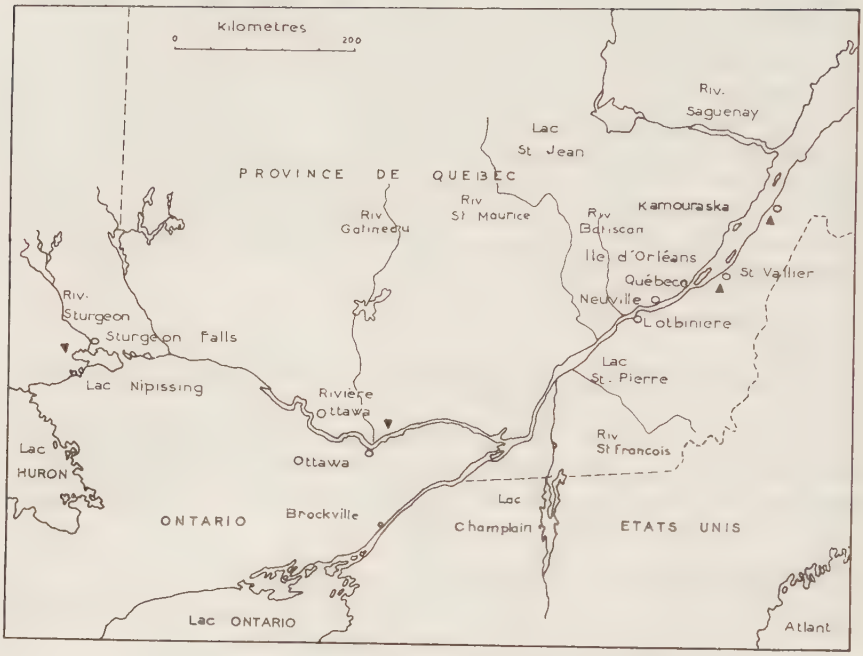


FIG. 9. — Carte de l'est canadien : les régions prospectées sont indiquées par des triangles noirs.

se situer au lac Saint-Pierre (CUERRIER, 1946). La pêche de cet esturgeon ne présente un intérêt commercial que dans la portion du fleuve comprise entre Québec et Kamouraska. Quelques individus remontent la rivière Saguenay (DRAINVILLE et BRASSARD, 1961). Plus bas dans le vaste estuaire il n'y a plus de pêches d'esturgeons organisées. Les captures signalées sont de ce fait très rares. Il en est de même pour le golfe du Saint-Laurent et pour les côtes atlantiques de Terre-Neuve et de la nouvelle Écosse.

Si on traduit en chiffres la description ci-dessus, on s'aperçoit que le domaine de l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent est immense. En effet, du lac Saint-Pierre à Québec le fleuve a près de 150 km; de Québec à l'embouchure dans le golfe Saint-Laurent, il y a plus de 600 km. Le golfe du Saint-Laurent mesure lui-même 400 sur 500 km environ. Enfin, les côtes atlantiques de la Nouvelle Écosse à Terre-Neuve, s'étendent sur plus de 800 km.

Données hydrographiques. — Le débit du Saint-Laurent est très important. En effet, une description succincte des largeurs et des profondeurs de ce fleuve en divers points de son cours nous donnent une idée de cette énorme masse d'eau qui coule vers l'Atlantique. En amont de Québec le Saint-Laurent n'a guère plus de 5 km de largeur, il se resserre à Québec et, après s'être partagé

en deux autour de l'île d'Orléans, il s'élargit brusquement. La largeur qui est ici de 15 km continue à augmenter progressivement : 20 km à Kamouraska, 55 km â Matane pour atteindre finalement près de 150 km à son embouchure dans le golfe du Saint-Laurent. La profondeur du fleuve est déjà de 30 m en aval de l'île d'Orléans, elle augmente ensuite rapidement jusqu'à plus de 350 m à partir de Matane jusqu'à l'embouchure en passant par 80 m en face de Kamouraska.

Une dernière caractéristique du Saint-Laurent est que ses eaux ne se déversent pas dans l'Atlantique par le grand chenal laurentien qui est la continuité sous-marine du fleuve mais par le petit chenal qui sépare l'île du Cap Breton de la Nouvelle Écosse. Ce phénoméne signalé par Le Danois (1936) serait dû en partie à la pénétration par le détroit de Belle-Isle d'une branche du courant du Labrador à la fois plus froid et plus salé. Cela nous amène à parler des caractères physico-chimiques des eaux du bassin du Saint-Laurent.

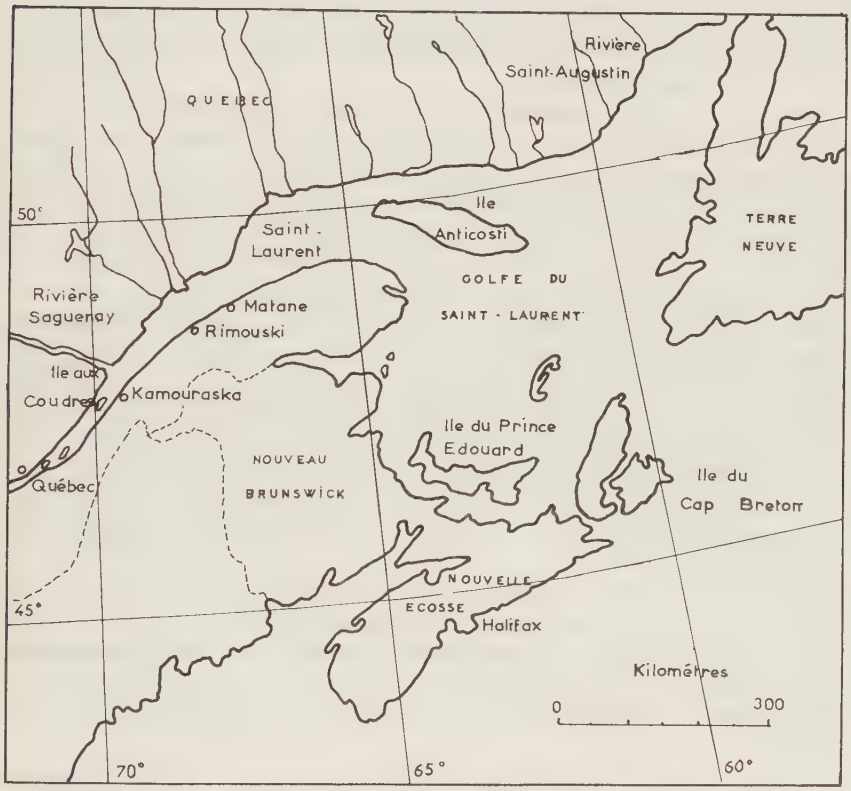


Fig. 10. — Estuaire et golfe du Saint-Laurent.

Données physico-chimiques. — La marée se fait sentir jusqu'au lac Saint-Pierre. Elle est très forte immédiatement en aval de l'île d'Orléans où l'amplitude peut atteindre 6 m : c'est aussi là, que les eaux deviennent saumâtres. La salinité des eaux de l'estuaire a été étudiée par Dugal (1934), Nadeau (1938), Gaudry (1938). Sans entrer dans tous les détails des variations suivant la profondeur du fleuve, l'heure et l'amplitude des marées, l'influence des affluents, on peut schématiser ainsi les résultats : un peu en aval de l'île d'Orléans la salinité est de 6 °/₀₀ en surface et de 9 °/₀₀ en profondeur; au large de Kamouraska 10 °/₀₀ en surface et 20 °/₀₀ en profondeur; au large de Rimouski 28 °/₀₀ en surface et 33 °/₀₀ en profondeur (à 300 m).

Dans le golfe du Saint-Laurent et le long des côtes de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve la salinité a été étudiée par Le Danois (1936). Jusqu'à 10 m de profondeur, les eaux de la partie sud du golfe et des côtes de la Nouvelle-Ecosse ont une salinité moindre que celle de la partie nord du golfe, le chenal laurentien et les côtes de Terre-Neuve; schématiquement ces salinités respectives sont 29,5 et 31 °/₀₀. A 50 m de profondeur les eaux de la partie sud du golfe ont une salinité de 30 °/₀₀ alors que sur les côtes de la Nouvelle Écosse on a 32 °/₀₀ comme dans le reste du golfe, sauf le chenal laurentien (32,5 °/₀₀). A 100 m de profondeur l'uniformité de toute cette région est presque totale : la salinité est égale à 32-33 °/₀₀.

Comme la salinité, la température est soumise à de nombreux facteurs; là encore nous donnerons des résultats schématiques. La température des eaux du Saint-Laurent à Québec ont été données pour les années 1947 à 1949 par Vladykov (1950). Les mois de janvier à mai ne sont pas mentionnés; pour les autres mois nous avons les résultats suivants en degrés centigrades : mai 11°1 à 11°4, juin 15°6 à 18°1, juillet 21°5 à 22°3, août 22° à 22°7, septembre 17°3 à 20°, octobre 12°8 à 13°, novembre 3°9 à 7°5, décembre 0° à 3°9.

Dans l'estuaire, la température sera très différente suivant les profondeurs qui peuvent être très grandes comme nous l'avons vu. Nous donnerons d'après Gaudry (1938) la température des eaux profondes puisque c'est surtout sur le fond que vivent les esturgeons. Les mesures effectuées durant les mois de juin, juillet et août des années 1932 à 1937 ont donné : en aval de l'île d'Orléans 10 °C, en face de Kamouraska 3° C. En aval de Kamouraska la température des eaux est fortement influencée par un courant froid (0 à 1 °C) d'origine arctique qui s'avance entre 50 et 100 m de profondeur jusqu'à l'embouchure de la rivière Saguenay.

C'est ce même courant signalé par Le Danois (1935) dont nous avons déjà parlé, qui repousse les eaux douces du fleuve Saint-Laurent vers le sud et qui refroidit par le fait des eaux du golfe Saint-Laurent. A 50 m de profondeur seule la partie Nord du golfe a des températures de 0 à 1° alors que le Sud a 7 °C; à 100 m, toutes les eaux du golfe sont à 0 °C (mesures faites en septembre-octobre).

Engins de pêche. — Dans la partie du Saint-Laurent que nous avons prospectée, les engins de pêche sont fixes et utilisent le phénomène de la marée. Une très longue barrière verticale appelée « chasse » et faite de treillis ou branches entrelacées (« fascines ») part de la terre ferme et s'avance perpendiculairement

au lit de la rivière jusqu'à un point qui reste toujours recouvert à marée basse. La « chasse » s'enfonce là dans le « port » c'est-à-dire une cage en treillis ou fascines en forme de croissant. Cet ensemble plus ou moins compliqué constitue une « pêche ». A marée haute, la pêche est complètement submergée. Les poissons buttent contre la *chasse*, et sont dirigés vers le port dans lequel ils pénètrent et où ils se trouvent emprisonnés à marée basse. Il suffit de venir les cueillir avec une épuisette : le supplément est mis dans un coffre de réserve fermé (1).

B. La rivière Ottawa (fig. 9).

Affluent du Saint-Laurent, elle se jette dans ce fleuve à Montréal. Nous l'avons prospectée à une trentaine de kilomètres en aval d'Ottawa. A ce niveau, c'est déjà une très grosse rivière de plus de 1 km de large : elle a déjà en effet drainé sur plus de 500 km toutes les eaux situées de part et d'autre des limites des provinces de Québec et d'Ontario.

La pêche à l'esturgeon n'est pas organisée dans cette région. Avec l'aide d'un pêcheur amateur nous avons utilisé un matériel assez hétéroclite principalement les filets : ceux-ci avaient des grandeurs, des formes et des mailles très diverses.

C. Le lac Nipissing.

Ce lac a toujours été considéré comme un lieu privilégié de la pêche à l'esturgeon, ce qu'attestent les noms de « Sturgeon River » donné au cours d'eau qui l'alimente et de « Sturgeon Falls » aux chutes situées sur cette rivière et à la petite ville située près de là.

C'est un lac glaciaire ou de surcreusement glaciaire situé à la limite du bouclier canadien un peu au Nord du 46e paralèlle et sur le méridien 80°. Cette immense étendue d'eau de 60 km de long sur 20 km de largeur est peu profonde : elle a été largement remblayée car elle fait partie de la grande plaine alluviale qui borde les grands lacs. Ses eaux se déversent dans la baie géorgienne du grand lac Huron par la rivière des français « French River ».

L'esturgeon n'est pas spécialement recherché, il est capturé en même temps que les autres poissons. Les engins de pêche utilisés sont aussi fixes. De grands filets tendus à travers le lac dirigent le poisson dans une vaste panière que l'on va relever tous les jours.

(1) Pour une description plus détaillée voir Vladikov (1958).

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE SYSTÉMATIQUE

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE SYSTÉMATIQUE

L'étude systématique des Acipensérídés est difficile du fait de la grande variabilité que présentent les individus de cette famille. Cette variabilité a été soulignée principalement par Gunther (1870), Ryder (1890), Norman et Fraser (1938), et Antoniu (1946). Elle provient d'abord des grands changements morphologiques qui interviennent au cours de la croissance. En outre, au même âge, les individus d'une même espèce présentent souvent des différences bien marquées, qu'Antoniu (1946) explique par le mélange probable de différentes races. Enfin l'hybridation possible entre espèces différentes, et même entre genres différents, vient encore obscurcir ces problèmes taxonomiques.

Dès 1870, Gunther conseillait aux systématiciens de ne définir une espèce nouvelle que sur les données d'un très grand nombre d'individus et de toutes tailles. Le conseil répété ensuite par de nombreux auteurs n'a pas été suivi et l'on a décrit des espèces et sous-espèces en ne se basant que sur un ou deux spécimens. La systématique des Acipensérídés a été ainsi alourdie et obscurcie par des descriptions sans fondements : c'est pour cette raison principalement que le nombre d'espèces d'esturgeons dans le monde n'a pu être précisé.

Il y a en particulier un problème non encore élucidé et qu'il nous a fallu essayer de résoudre : c'est celui de la distinction spécifique des deux esturgeons migrateurs vivant sur les côtes européennes et américaines de l'océan Atlantique : l'*Acipenser sturio* et l'*Acipenser oxyrhynchus*. Ces deux espèces sont en effet très proches l'une de l'autre.

Pour les uns le rapprochement va jusqu'à l'identification : les deux esturgeons sont appelés *Acipenser sturio* L : Gunther (1870), Ryder (1890), Dean (1894), Montpetit (1897), Smith et Bean (1899), Kendall (1914), Anonyme (1924), Borodin (1925), Bigelow et Schroeder (1936), La Gorce (1939), Bridge et Boulenger (1958), Mc Allister (1960).

Pour d'autres, l'esturgeon américain est considéré comme une sous-espèce de l'esturgeon européen : il est appelé *Acipens ersturio oxyrhynchus* (Jordan et Evermann, 1896, 1900; Greeley, 1937; Mc Cabe, 1943; Scott, 1954; Slastenenko, 1958).

D'autres auteurs enfin le considèrent comme une espèce différente : *Acipenser oxyrhynchus* Mitchill (1814) : Hildebrand et Schroeder (1928), Jordan Evermann et Clark (1930), Backus (1951), Lagler (1952). Vladykov (1955) semble le considérer ainsi puisqu'il décrit une sous-espèce *Acipenser oxyrhynchus de sotoï* d'après deux spécimens provenant du Bassin du Mississipi. Vladykov et Beaulieu (1946), tout en désignant l'esturgeon de mer américain

Acipenser oxyrhynchus reconnaissent que les caractères taxonomiques des deux esturgeons européens et américains n'ont pas été suffisamment étudiés pour établir une distinction spécifique.

Quand à DUMERIL (1867, 1870) non seulement il sépare les esturgeons de mer européens et américains mais il décrit une dizaine d'espèces américaines et autant d'espèces européennes.

C'est donc principalement à l'élucidation du problème de la distinction spécifique des esturgeons migrateurs des deux côtes américaines et européennes de l'Atlantique que cette première partie sera consacrée. Nous y ajouterons cependant la comparaison avec l'espèce d'eau douce américaine *Acipenser fulvescens;* cette comparaison nous aidant souvent à mieux préciser la valeur des caractères taxonomiques utilisés. Après une comparaison morphologique descriptive, nous examinerons quelques relations morphométriques.

CHAPITRE I

DONNÉES MORPHOLOGIQUES ET ANATOMIQUES

L'aspect caractéristique des esturgeons provient principalement des formations dermiques qui recouvrent son corps : les os en mosaïque de la partie supérieure de la tête et du rostre d'abord, les 5 rangées longitudinales de boucliers ou écussons osseux ensuite, et enfin, les rangées obliques de petites sclérifications ou scutelles situées entre ces rangées d'écussons. Il est donc bien naturel que ces formations osseuses aient été utilisées comme caractères distinctifs des espèces d'esturgeons. Nous y ajouterons l'étude des branchiospines souvent utilisées au point de vue taxonomique chez les poissons. Enfin, quelques données d'anatomie : pigmentation des viscères et développement de la rate viendront compléter la description des trois esturgeons étudiés.

1. Les os dermiques du crâne

La tête est complètement recouverte par une mosaïque de plaques osseuses. La forme, la grandeur et le nombre de ces plaques varient non seulement entre les espèces mais même entre les individus d'une même espèce par soudure ou au contraire par division. Il est difficile de ce fait de retrouver les homologies précises de ces éléments osseux (DEVILLERS, 1958).

Cependant, certains éléments plus grands se reconnaissent chez tous les Acipensérides. Nous allons les situer rapidement chez *Acipenser sturio* (fig. 11). Au niveau des orbites, il y a les deux grands frontaux séparés l'un de l'autre par un os frontal moyen, unique chez le spécimen représenté, mais pouvant se scinder en plusieurs éléments chez d'autres spécimens. En arrière, les deux pariétaux surmontent les deux ptérotiques latéraux. Un os vient s'enfoncer en coin entre les deux pariétaux : l'occipital (MOREAU, 1881) ou extrascapulaire médian (DEVILLERS, 1958) suivi lui-même par un os ayant la forme d'un écusson dorsal et qui est souvent appelé « nuchal » (MOREAU, 1881).

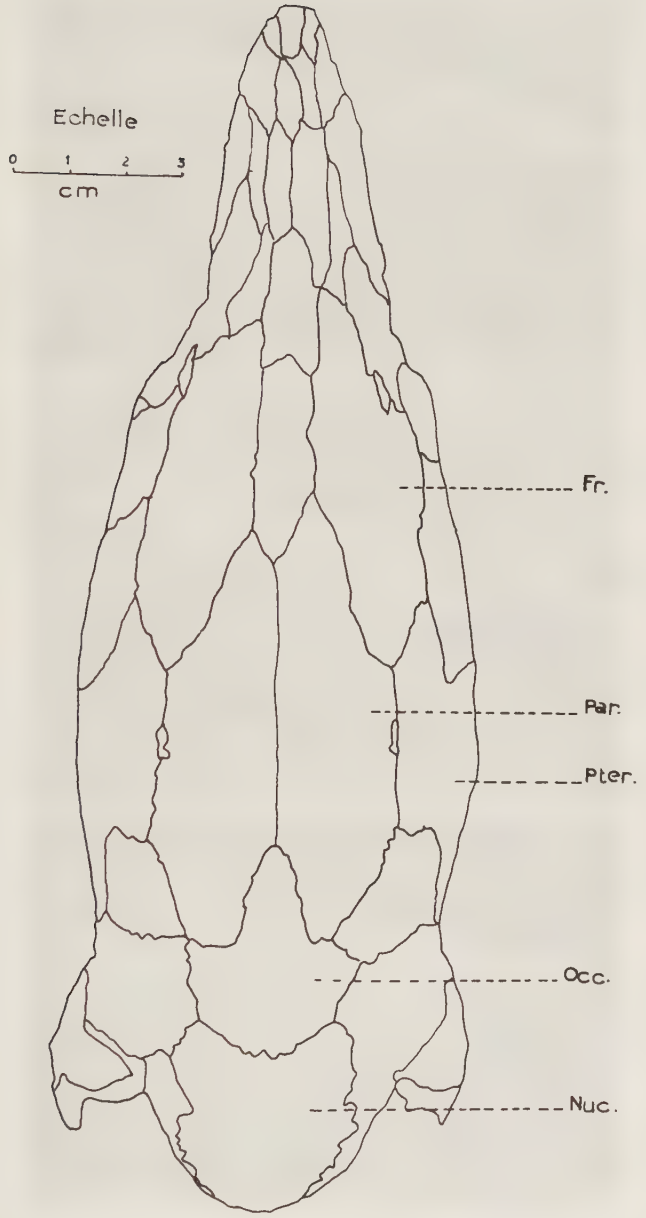


Fig. 11. — Os dermiques du crâne d'un *Acipenser sturio* de 1 m de longueur. — Fr = Frontal, Nuc = Nuchal, Occ = Occipital, Par = Pariétal, Pter = Ptérotique.

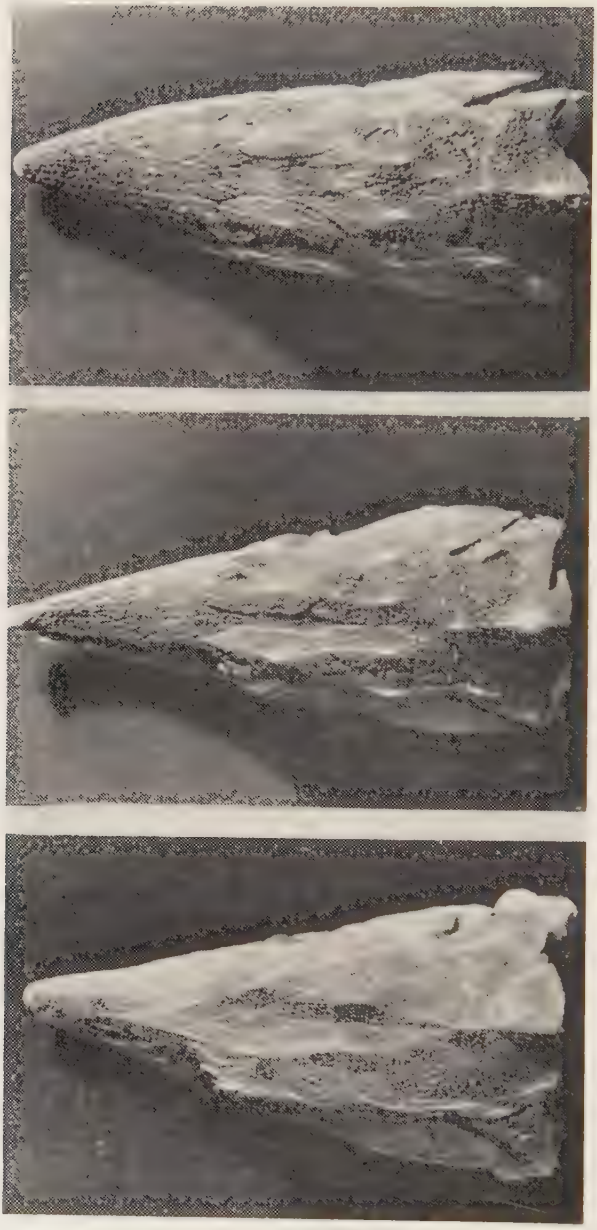


FIG. 12. — Vue dorsale de la tête des trois esturgeons : *Acipenser sturio* de 50 cm (en haut), *Acipenser oxyrhynchus* de 48 cm (au milieu) et *Acipenser fulvescens* de 42 cm (en bas) Les têtes ont respectivement des longueurs de 11-12,5 et 9,5 cm.

Ryder 1890 signalait déjà chez les jeunes *Acipenser oxyrhynchus* une fenêtre ou area située entre les plaques pariétales et frontales. On aperçoit très bien cette fontanelle lancéolée sur la figure 12. Elle n'existe pas chez les *Acipenser fulvescens et sturio* de même taille représentés dans la même figure : elle est remplacée chez eux par un ou plusieurs os frontaux médians. Cette fenêtre se comblera aussi chez l'*Acipenser oxyrhynchus* plus âgé mais, chez les jeunes spécimens, elle semble bien un caractère distinctif très net.

2. Écussons osseux

Nous examinerons uniquement les écussons disposés en cinq rangées le long du corps : nous décrirons successivement le nombre d'écussons de la rangée dorsale, des deux rangées latérales et des deux rangées ventrales et ensuite la forme de ces écussons.

A. Nombre d'écussons.

Le nombre des écussons osseux dorsaux, latéraux et ventraux est fréquemment donné pour caractériser les diverses espèces. Ces données sont cependant souvent difficiles à utiliser pour des comparaisons :

1° La façon de calculer le nombre de ces écussons n'est pas toujours précisée et il peut y avoir de ce fait des différences de une ou deux unités dans les résultats ;

2° Dans l'expression des résultats on ne trouve la plupart du temps, que la moyenne ou les valeurs extrêmes. Or ces données n'ont qu'une valeur relative étant donné la grande variabilité du nombre d'écussons chez les esturgeons. Il est nécessaire de calculer les écarts types de ces moyennes, ce qui suppose que l'on connaisse la distribution de fréquence des valeurs individuelles obtenues.

Après avoir donné un rapide aperçu de nos connaissances sur ce sujet, nous préciserons la méthode utilisée et enfin nous discuterons les résultats obtenus au point de vue systématique.

Pour les esturgeons Nord-américains *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens* nous trouvons les premières données dans les travaux de Ryder (1890), Forbes et Richardson (1920) et Dymond (1926). Cette étude a été reprise de façon plus approndie et sur un vaste matériel par Vladykov et Beaulieu (1946).

Les données sur *Acipenser sturio* sont beaucoup moins précises. Nous avons résumé dans le tableau 2 les déterminations données par Moreau (1881), Pavesi (1907), Vogt et Hofer (1909), Heldt (1934), Berg (1948), Tchalykov (1949), Mohr (1958), Furnestin et coll. (1958). Ces résultats ne peuvent être utilisés pour les raisons données plus haut. Elles ont cependant leur intérêt comme ordre de grandeur du nombre d'écussons chez les *Acipenser sturio* de provenances diverses.

TABLEAU 2

Écussons	Moreau	Pavesi	Vogt	Heldt	Berg	Pir	Mohr	Furnestin
Dorsaux...	10–14	11–13	10–12	13	9–13	9–15	10–13	12–12
Latéraux ..	28–36	26–33	30–33	33–34	24–35	24–36	24–40	32–33
Ventraux. .	10–13	–	9–13	15	11	10–12	11–13	10–11

Nombre des écussons dorsaux, latéraux et ventraux
donnés par divers auteurs pour *Acipenser sturio* L

Nos déterminations personnelles portent sur 91 *Acipenser sturio*. Pour *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens* nous utiliserons les observations de Vladykov et Beaulieu (1946) qui portent respectivement sur 1814 et 516 spécimens. Ces auteurs emploient la même technique de comptage des écussons et donnent les répartitions de fréquence du nombre de boucliers dorsaux, latéraux et ventraux chez les deux espèces. Nous avons donc pu, à partir de ces données, calculer l'écart-type et l'erreur-standard des moyennes et déduire ainsi la valeur statistique des différences observées chez les trois espèces.

Les résultats de ces calculs sont consignés du tableau 3. Nous avons aussi reporté dans ce tableau les nombres extrêmes d'écussons et le mode car ces paramètres ont aussi leur intérêt.

En effet, si nous examinons seulement les nombres extrêmes des écussons, les résultats sont bien peu probants : ces nombres chevauchent très largement dans les différentes expèces. En d'autres termes, on peut avoir trois esturgeons *Acipenser sturio, oxyrhynchus* et *fulvescens* qui ont le même nombre d'écussons dorsaux, latéraux et ventraux. Le mode ne nous éclaire guère plus, car on le trouve identique pour des moyennes différentes. La moyenne seule enfin n'est pas toujours une indication nette car le nombre moyen d'écussons est parfois très proche chez les différentes espèces.

Le calcul statistique nous donne par contre des résultats très nets : il y a une différence significative dans le nombre des écussons dorsaux, latéraux et ventraux chez les trois esturgeons étudiés. En ramenant les résultats à un nombre entier d'unités, nous pouvons caractériser schématiquement les trois espèces *Acipenser oxyrhynchus*, *Acipenser sturio* et *Acipenser fulvescens* : nous aurons respectivement :

Nombre d'écussons dorsaux.....	10	12-13	13-14
Nombre d'écussons latéraux.....	29	35	35-36
Nombre d'écussons ventraux.....	10	11	9

TABLEAU 3

		A. sturio	*A. oxyrhynchus*	*A. fulvescens*
Écussons dorsaux	Nombre de spécimens	91	1 814	516
	Nombre extrême d'écussons	9–16	7–13	9–17
	Mode	13	10	13
	Moyenne	12,74	9,76	13,41
	Écart-type de la distribution	1,21	0,774	1,14
	Erreur standard de la moyenne	0,126	0,018	0,050
Écussons latéraux	Nombre de spécimens	91	692	242
	Nombre extrême d'écussons	31–39	24–35	29–42
	Mode	36	29	35 et 37
	Moyenne	35,13	28,67	35,40
	Écart-type de la distribution	1,92	1,625	1,70
	Erreur standard de la moyenne	0,201	0,062	0,109
Écussons ventraux	Nombre de spécimens	91	268	112
	Nombre extrême d'écussons	9–14	8–12	7–12
	Mode	11	10	9
	Moyenne	11,03	9,64	9,28
	Écart-type de la distribution	0,93	1,16	0,748
	Erreur standard de la moyenne	0,097	0,071	0,071

Tableau comparatif du nombre d'écussons dorsaux, latéraux et ventraux chez les trois espèces d'esturgeons :

Acipenser sturio, A. oxyrhynchus et A. fulvescens

Il semble que l'*Acipenser sturio* se rapproche plus de l'*Acipenser fulvescens* par le nombre d'écussons dorsaux et latéraux. L'*Acipenser oxyrhynchus* est très différent de l'*Acipenser fulvescens* comme l'avaient déjà d'ailleurs établi Vladykov et Beaulieu (1946), mais il est aussi très différent de l'*Acipenser sturio* et c'est le résultat qui nous intéresse particulièrement dans ce chapitre.

B. Forme des écussons.

Nous avons donné dans la figure 13 une photographie des écussons dorsaux, latéraux et ventraux des trois esturgeons étudiés : il s'agit de jeunes individus.

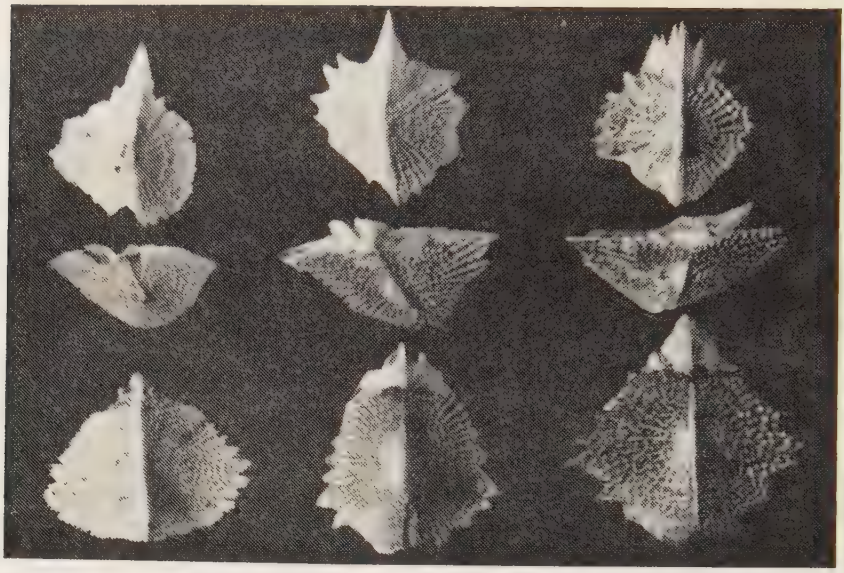


FIG. 13. — Écussons dorsaux (en bas), latéraux (au milieu) et ventraux (en haut) chez les jeunes *Acipenser sturio* (à droite), *Acipenser oxyrhynchus* (au milieu) et *Acipenser fulvescens* (à gauche). L'écusson latéral d'*Acipenser oxyrhynchus* situé au centre de la photographie a 3,5 cm de largeur.

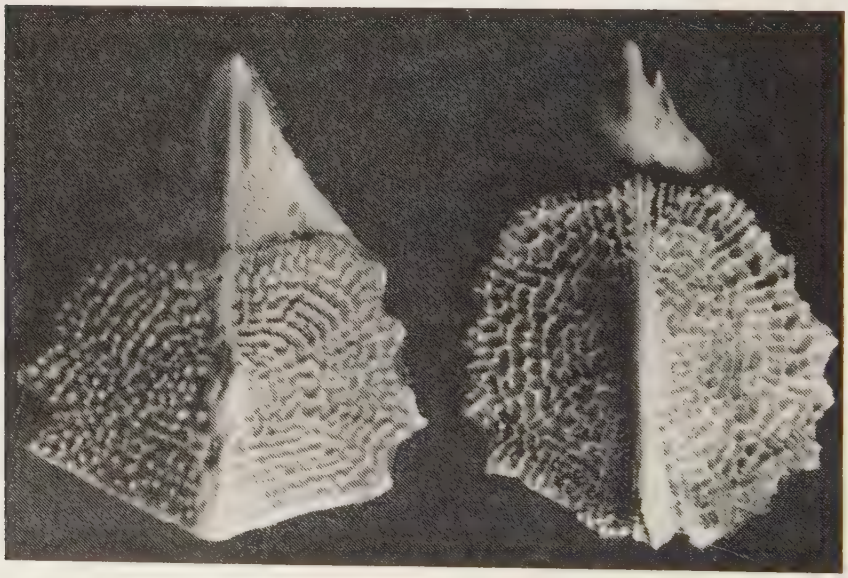


FIG. 14. — Écussons dorsaux de gros esturgeons : *Acipenser sturio* (à gauche) et *Acipenser oxyrhynchus* (à droite). La largeur maximum de ces écussons est respectivement 4,9 et 4,4 cm.

Les écussons dorsaux sont les plus développés; ils sont réguliers symétriques et en forme de dièdres. Ils s'articulent les uns sur les autres, la pointe de l'articulation en avant s'enfonçant sous l'écusson précédent. Au centre de l'écusson s'élève une pointe dirigée vers l'arrière, très finement aiguisée chez les jeunes mais disparaissant peu à peu au cours de la croissance : elle est inexistante chez les adultes comme on le voit sur la figure 14. Enfin, de cette épine plus ou moins émoussée des crêtes partent vers la périphérie, elles-mêmes coupées par des crêtes concentriques : l'ensemble de ces crêtes dessine des alvéoles plus ou moins réguliers sur la surface externe des écussons.

Les écussons ventraux sont très semblables aux écussons dorsaux sauf qu'ils n'ont pas la même symétrie externe : ils sont plus irréguliers. Ils subissent les mêmes transformations au cours de la croissance.

Les écussons latéraux sont de forme différente : triangulaires, plus hauts (ou plus larges) que longs, le sommet est dirigé vers l'arrière; la surface d'articulation en avant est donc située sur la base. Les jeunes possèdent aussi une pointe effilée qui s'émoussera avec l'âge. Enfin, la surface externe des écussons présente les mêmes dessins alvéolaires décrits plus haut sur les écussons dorsaux.

Dumeril (1870) a beaucoup utilisé la position de l'épine sur les écussons dorsaux pour la classification des esturgeons : il distingue ainsi les opisthocentres et les mésocentres. Il nous semble que ce caractère est peu utilisable puisque chez les adultes cette épine disparaît. Nous avons étudié principalement ici la forme des écussons et les dessins alvéolaires de leur face externe. Il ne semble pas que ces caractères aient été étudiés avant nous au point de vue systématique : il nous semble cependant qu'ils sont très nets, et très constants, du moins chez les espèces que nous avons étudiées.

L'*Acipenser fulvescens* sera étudié à part très rapidement car si les jeunes possèdent des écussons bien développés et même plus développés que les *Acipenser oxyrhynchus* et *sturio*, le développement s'arrête ensuite et il semble même que chez les plus âgés, il y ait une résorption de ces pièces osseuses (fig. 1). Chez les jeunes les écussons sont plus grands que chez les autres espèces, mais ils sont par contre beaucoup plus minces. Les écussons dorsaux sont plus larges que longs et l'épine dorsale est située plutôt vers l'arrière (opisthocentre).

L'*Acipenser sturio* et l'*Acipenser oxyrhynchus* gardent leurs écussons toute leur vie : leur taille et leur épaisseur augmentent au cours de la croissance. Les écussons dorsaux sont plus longs que larges et l'épine est située au milieu (mésocentres). Ils se distinguent donc par là assez nettement des *Acipenser fulvescens*.

Du fait que les *Acipenser oxyrhynchus* ont un nombre d'écussons dorsaux, latéraux et centraux inférieur à ceux d'*Acipenser sturio*, ces divers écussons seront de plus grande taille. En effet, les gros *Acipenser oxyrhynchus* ont des écussons beaucoup plus développés que les *Acipenser sturio* de même taille,

si bien que la portion de peau située entre ces écussons est beaucoup plus réduite. On a une idée de cette différence en examinant les photograpnies des figures 1, 15 et 16.

Les dessins alvéolaires dessinés sur la face externe de ces écussons sont aussi bien différents chez ces deux esturgeons. Chez l'*Acipenser oxyrhynchus* les cloisons sont minces et tranchantes limitant des alvéoles profonds. Chez l'*Acipenser sturio*, les crêtes sont très émoussées et de largeurs irrégulières : elles se transforment même chez les plus vieux individus en mamelons individuels très arrondis et peu élevés, d'où alvéoles irréguliers et peu profonds. Chez les plus jeunes, ces différences sont moins accentuées, mais déjà suffisamment nettes : chez les jeunes *Acipenser sturio* les plaques ont déjà cet aspect granulaire caractéristique.

3. Scutelles dermiques entre les écussons

Les portions de peau situées entre les rangées d'écussons possèdent de petites sclérifications d'origine dermique. L'aspect de ces plaques est bien différent chez l'*Acipenser sturio* et chez l'*Acipenser oxyrhynchus*. Nous allons décrire successivement les scutelles de la face dorsale situées entre la rangée dorsale et les deux rangées latérales d'écussons et les scutelles de la région latérale situées entre les rangées latérales et ventrales d'écussons.

Les scutelles dorsales sont de forme losangique et sont disposées en rangées obliques régulières. Cette disposition est bien visible sur les photographies des figures 15 et 16. On remarque cependant sur ces photographies que ces petites plaques sont nettement plus nombreuses chez *Acipenser sturio* que chez *Acipenser oxyrhynchus*.

L'aspect de ces scutelles est aussi très différent chez les deux espèces. Comme sur les écussons dorsaux latéraux et ventraux, la face externe des scutelles d'*Acipenser oxyrhynchus* est creusée d'alvéoles profonds séparés par des crêtes minces et continues. Chez *Acipenser sturio*, la face externe des scutelles porte 5 à 7 tubercules émoussés généralement séparés les uns des autres mais pouvant être reliés par une crête arrondie plus basse. La figure 17 (1 et 3) montre bien cette différence.

Les scutelles latérales ont une forme plus allongée (figure 17, 2 et 4). Celles d'*Acipenser sturio* sont beaucoup plus régulières que celles d'*Acipenser oxyrhynchus*. Leur face externe d'autre part présente les mêmes différences de structure alvéolaire ou tuberculaire que les scutelles dorsales.

Aucun auteur n'avait encore signalé ces différences caractéristiques. Gunther (1870) cependant, tout en considérant ces deux esturgeons comme une espèce unique, signalait la rugosité plus grande de l'esturgeon américain. Cette rugosité s'explique très bien par la structure en crêtes tranchantes des écussons et des scutelles de l'*Acipenser oxyrhynchus*. Cette différence de structure externe des écussons et des scutelles nous semble donc un bon caractère taxonomique.

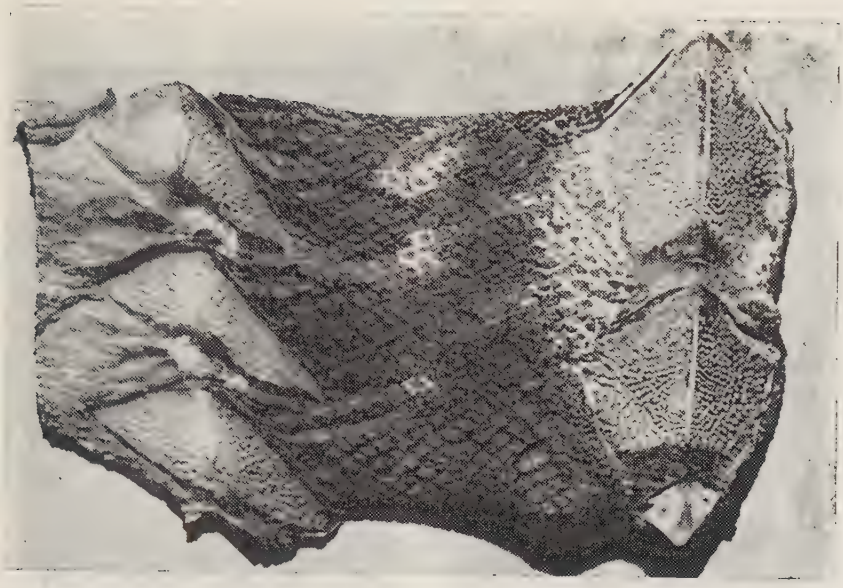


FIG. 15. — Portion de peau entre les écussons dorsaux (à droite) et latéraux (à gauche) montrant les rangées obliques de petites scutelles chez *Acipenser sturio*. L'écusson latéral situé au centre mesure 5,9 cm.

FIG. 16. — Portion de peau entre les écussons dorsaux (à droite) et latéraux (au centre) montrant les rangées obliques de petites scutelles chez *Acipenser oxyrhynchus*. L'écusson latéral situé au centre mesure 6,8 cm.

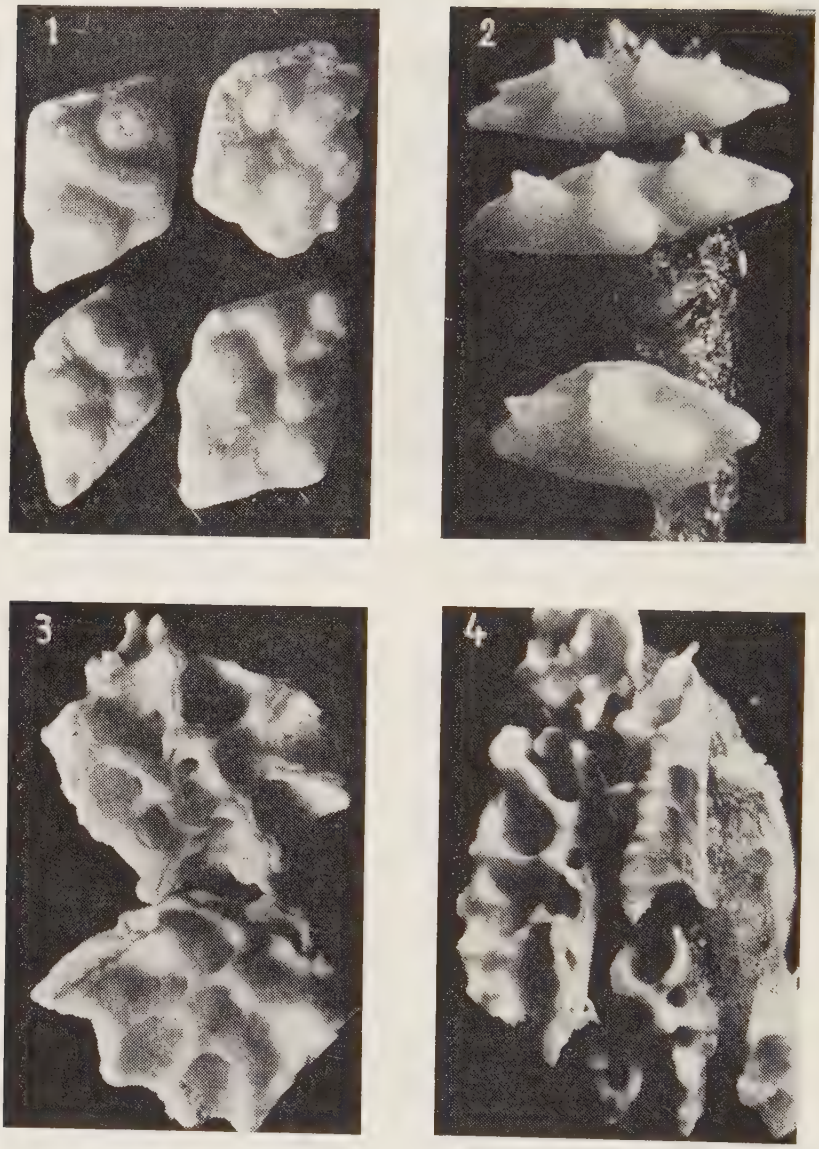


FIG. 17. — Scutelles osseuses comprises entre les écussons dorsaux et latéraux (à gauche 1 et 3) et entre les écussons latéraux et ventraux (à droite 2 et 4), chez *Acipenser sturio* (en haut 1 et 2) et chez *Acipenser oxyrhynchus* (en bas 3 et 4). Dimensions moyennes des scutelles chez *Acipenser sturio :* dorsales 3 × 4 mm, latérales 1,5 × 4 mm; chez *Acipenser oxyrhynchus :* dorsales 5 × 6 mm, latérales 2,5 × 7 mm.

4. Branchiospines

Vladykov et Beaulieu (1946, 1951) ont attiré l'attention sur la valeur taxonomique des branchiospines chez les Acipensérídés. Ces auteurs ont établi en particulier la différence très nette qui existe sur ce plan entre les deux esturgeons Nord-américains : *Acipenser fulvescens* et *Acipenser oxyrhynchus* possèdent respectivement en moyenne 33,07 et 21,54 branchiospines et l'éventail des valeurs se superpose pour moins de 2 % des cas; aussi est-il bien évident que la différence entre ces moyennes est hautement significative.

Nous avons nous-même calculé le nombre de branchiospines sur 64 *Acipenser sturio* de la Gironde. La moyenne trouvée est 20,19 avec des extrêmes de 16 et 26. En comparant avec les résultats obtenus chez *Acipenser fulvescens*, on voit que la différence entre le nombre de branchiospines chez ces deux espèces est aussi hautement significative. Par contre, *Acipenser sturio* et *Acipenser oxyrhynchus* sont très proches l'un de l'autre sous cet aspect, les moyennes étant respectivement 20,19 et 21,54.

Pour établir la valeur significative de cette différence de 1,35, nous avons calculé la variance et l'erreur-standard des moyennes chez les deux espèces. Ces résultats ont été consignés dans le tableau 4.

TABLEAU 4

	A. sturio	*A. oxyrhynchus*
Nombre de spécimens examinés	64	800
Nombre extrême de branchiospines	16–26	16–27
Mode	20	22
Nombre moyen de branchiospines	20,19	21,54
Variance	3,88	2,88
Erreur standard de la moyenne	0,246	0,059

Comparaison du nombre de branchiospines chez *Acipenser sturio* et *Acipenser oxyrhynchus*

Il ressort de cette comparaison que la différence entre les deux esturgeons est hautement significative. On peut dire, en d'autres termes, que dans la très grande majorité des cas, le nombre de branchiospines sera près de 20 pour *Acipenser sturio* et entre 21 et 22 pour *Acipenser oxyrhynchus*. Cette différence en apparence faible est donc bien un élément valable de distinction des deux esturgeons.

5. Quelques données anatomiques

Après avoir décrit rapidement la pigmentation des viscères et l'aspect de l'estomac et du coecum pylorique nous étudierons plus en détail le développement de la rate chez les trois esturgeons.

Ryder (1890), signalait que les viscères d'*Acipenser oxyrhynchus* étaient très pâles. Cette absence de pigmentation contraste avec la pigmentation très forte des viscères d'*Acipenser fulvescens* (Vladykov, 1955). Chez l'*Acipenser sturio*, les viscères ont une coloration grise intermédiaire entre la coloration blanche d'*Acipenser oxyrhynchus* et la coloration noire d'*Acipenser fulvescens*.

L'estomac d'*Acipenser fulvescens* est très musculeux et ressemble à un gésier (Vladykov, 1955 *b*) alors que celui d'*Acipenser oxyrhynchus* et d'*Acipenser sturio* est flasque. Par contre, le coecum pylorique des deux dernières espèces est beaucoup plus développé que celui d'*Acipenser fulvescens*. Il ne semble pas qu'il y ait de différence marquée entre les deux esturgeons *Acipenser sturio* et *Acipenser oxyrhynchus* pour ces deux derniers caractères.

Nous avons calculé le poids de la rate sur une vingtaine de spécimens de ces trois esturgeons en vue de déterminer les changements que subit cet organe au moment de la fraye (1), ou lorsqu'il change de milieu (2). Or, ces mesures nous semblent aussi intéressantes pour caractériser les trois esturgeons étudiés.

Nous avons calculé le rapport entre le poids p de la rate (en g) et le poids P du corps (en kg). Les résultats des mesures individuelles sont reportés dans le tableau 5. Les moyennes obtenues sont très nettement différentes chez les trois : le rapport p/P est égal à 1,32 chez *Acipenser sturio*, 2,70 chez *Acipenser oxyrhynchus* et 4,39 chez *Acipenser fulvescens*. Il nous faut cependant examiner de plus près ces résultats et discuter la valeur de ces chiffres.

En effet, l'examen des données individuelles montre une très grande variabilité du rapport p/P. Malgré cela, il semble bien que les jeunes ont une rate proportionnellement plus développée que les adultes, ou en d'autres termes, que le rapport p/P est plus grand chez les jeunes. Les moyennes générales pourraient être faussées du fait de la différence de taille dans l'échantillonnage des trois espèces. Nous n'avons en effet que des *Acipenser oxyrhynchus* de petite taille, de poids inférieur à 3,4 kg : la moyenne p/P pour cet esturgeon est de ce fait surestimée par rapport aux autres. Cela confirme la différence entre l'*Acipenser fulvescens* et l'*Acipenser oxyrhynchus*. La différence entre *Acipenser sturio* et *Acipenser oxyrhynchus* est aussi très valable. En effet, chez l'*Acipenser sturio* de poids inférieur à 3,4 kg, le rapport p/P varie de 0,66 à 1,90 : il est donc très nettement inférieur à la moyenne 2,70 obtenue chez les *Acipenser oxyrhynchus*.

---

(1) Cela a été étudié par Miescher sur le saumon (Fontaine, 1948).

(2) L'influence de la salinité sur le développement de la rate et le rôle de la rate dans l'adaptation aux changements de salinité ont été étudiés chez l'épinoche et l'anguille par Gueylard (1923, 1924 *a*).

TABLEAU 5

Acipenser sturio			*Acipenser oxyrhynchus*			*Acipenser fulvescens*		
P	*p*	*p*/P	P	*p*	*p*/P	P	*p*	*p*/P
0,54	1	1,85	0,30	0,70	2,33	0,35	4	11,42
0,55	1,05	1,90	0,30	1,10	3,66	0,60	4,60	7,66
0,65	0,66	1,01	0,35	1,10	3,14	0,60	3	5
0,95	1,14	1,20	0,40	1,30	3,25	0,60	4,50	7,50
1,30	2,12	1,63	0,40	1,80	4,50	0,82	2,70	3,88
3,40	2,25	0,66	0,45	1,50	3,33	1,20	9,40	7,83
4,70	6,10	1,29	0,50	0,70	1,40	1,32	4,50	3,40
5,50	11	2	0,60	2,70	4,50	1,40	5,50	3,92
6	16,15	2,69	0,60	1,50	2,50	1,65	17	1,03
6	6	1	0,70	1,90	2,71	2,30	7	3,04
6,60	15	2,27	0,80	2,50	3,12	3,20	18,50	5,78
8	17	2,12	0,80	1,60	2	3,40	15	4,41
8,50	11	1,29	0,90	3	3,33	3,60	24	6,66
9	7	0,77	0,90	2,20	2,44	4,50	5	1,11
16	25	1,56	0,95	2	2,10	14,50	57	3,93
17	15	0,88	1,20	2,50	2,08	18,50	60	3,24
22	25	1,13	1,70	5,30	3,11	22,50	43	1,91
34	17	0,50	1,90	2,50	1,31	33,10	38	1,14
39	30	0,76	2	4,10	2,05	39,50	46	1,16
42	35	0,83	2	6,50	3,25	–	–	–
45	57,50	1,28	2,10	5,10	2,55	–	–	–
45	45	1	2,20	3,80	1,72	–	–	–
65	50	0,76	3,40	5,80	1,70	–	–	–
M. : 16,81	17,26	1,32	1,106	2,66	2,70	8,09	19,40	4,39

Poids de la rate (*p*) en grammes, poids du corps (P) en kilogrammes et rapport *p*/P chez les trois *Acipenser : sturio, oxyrhynchus et fulvescens*

En conclusion, on peut affirmer que la rate est très développée chez *Acipenser-fulvescens*, poisson d'eau douce (1), moins développée chez l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent et enfin beaucoup moins développée chez l'*Acipenser sturio* de la Gironde. Ce développement est donc un caractère taxonomique intéressant.

(1) Ce qui confirme l'observation de Gueylard (1924 *a*).

CHAPITRE II

DONNÉES MORPHOMÉTRIQUES

Une étude morphométrique approfondie des trois esturgeons *Acipenser sturio*, *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens* pourrait certainement nous apporter des éclaircissements sur leur taxonomie. Le laboratoire de biologie du département des Pêcheries de Québec (MM. Beaulieu et Vladykov) étudie actuellement les relations existant entre les différentes parties du corps et la longueur des *Acipenser oxyrhynchus* et *fulvescens*. Il faudra attendre leurs résultats avant de faire la comparaison complète des trois esturgeons. Les résultats que nous allons donner seront de ce fait fragmentaires.

Nous établirons d'abord chez les trois espèces les relations entre la longueur totale et la longueur à la fourche, ainsi que les relations entre la longueur et le poids. Nous présenterons ensuite les résultats que nous avons obtenus chez *Acipenser sturio* sur les proportions des différentes parties du corps, nous contentant de les comparer pour l'instant aux données, peu importantes il est vrai, de la littérature.

Les mesures ont été faites en suivant les indications données par Vladykov et Beaulieu (1946), ce qui facilitera les comparaisons ultérieures. Nous allons donner la liste des mesures effectuées et des abréviations adaptées, la plupart sont indiquées schématiquement dans la figure 18 :

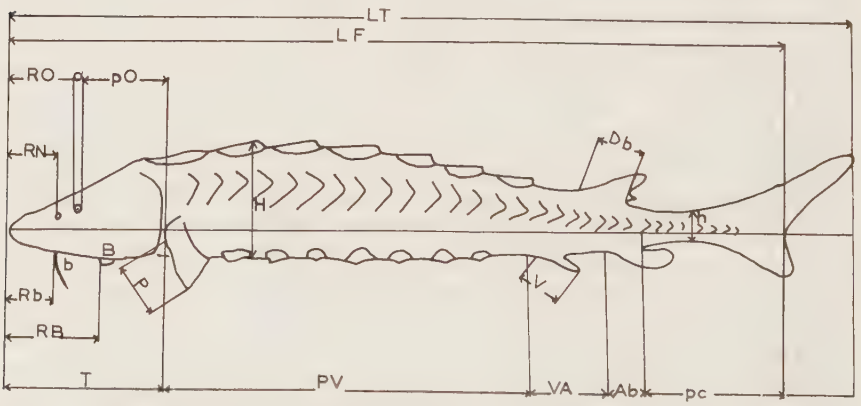


Fig. 18. — Dessin schématique d'un esturgeon indiquant les différentes mesures effectuées et les abréviations employées.

LT : Longueur totale.
LF : Longueur de la fourche.
T : Tête de l'extrémité du rostre à la cavité blanchiale.

O : Largeur de l'œil.
RO : Distance de l'extrêmité du rostre à l'œil.
RN : Distance de l'extrémité du rostre aux narines.
pO : Distance post-orbitaire de la tête.
i : Distance inter-orbitaire de la tête.
Be : Largeur externe de la bouche.
Bi : Largeur interne de la bouche.
be : Longueur du barbillon externe.
bi : Longueur du barbillon interne.
RB : Distance de l'extrêmité du rostre à la dépression buccale.
Rb : Distance de l'extrémité du rostre aux barbillons.
TB : Largeur de la tête au niveau de la bouche.
Tb : Largeur de la tête au niveau des barbillons.
H : Hauteur maximum du corps.
h : Hauteur minimum du corps.
P : Longueur maximum de la nageoire pectorale.
V : Longueur maximum de la nageoire pelvienne.
PV : Distance de la pectorale à la pelvienne.
VA : Distance de la pelvienne à l'anale.
Db : Base de la dorsale.
Ab : Base de l'anale.
pc : Pédoncule caudal (de l'anale à la fourche).

1. Longueur totale. Longueur Fourche

En dehors de son intérêt taxonomique, cette étude peut apporter des éclaircissements sur deux autres points :

1° Nous aurons souvent l'occasion dans la suite de ce travail de parler de la longueur des esturgeons que nous étudions. Quelle est la meilleure façon de l'exprimer ? Les avis sont partagés. Nous avons adopté ici la longueur totale : c'est ainsi que seront exprimées dans la suite de ce travail les longueurs des esturgeons sauf indication contraire. En effet, cette expression de la longueur nous paraît la plus naturelle (Hile, 1948); d'autre part Carlander et Smith (1945) ont montré que chez les poissons la mesure de longueur la moins susceptible de varier avec les observateurs était la longueur totale. Les relations que nous allons étudier nous montreront aussi la validité de ce choix.

2° De nombreux auteurs utilisent la longueur à la fourche. L'étude des relations entre LT et LF nous permettra de passer facilement de l'un à l'autre et ainsi de faire les comparaisons entre les espèces, quelle que soit l'expression de la longueur employée.

Matériel. — Les mesures de ces deux longueurs ont été effectuées sur 231 *Acipenser sturio*, 1 040 *Acipenser oxyrhynchus* et 355 *Acipenser fulvescens*. Pour l'*Acipenser sturio*, toutes ces mesures ont été faites par nous. Pour les esturgeons canadiens, nos mesures personnelles portent sur 220 spécimens; les autres mesures effectuées par différents observateurs nous ont été fournies par le département des Pêcheries de Québec.

Calculs. — A partir de ces mesures nous avons calculé tout d'abord l'équation de la longueur à la fourche en fonction de la longueur totale. Une détermination graphique nous en a donné une première approximation. Nous avons calculé ensuite l'équation de la droite de régression par la méthode des moindres carrés. Nous avons enfin calculé le coefficient de corrélation r ainsi que les limites de sécurité de ce coefficient.

Résultats et discussions. — L'ensemble de ces calculs est résumé dans le tableau 6. Nous allons examiner successivement le coefficient de corrélation et les équations de régression.

TABLEAU 6

Corrélation entre LF (y) et LT (x)	*A. sturio*	*A. oxyrhynchus*	*A. fulvescens*
Nombre de spécimens.....	213	1 040	355
Moyenne des LF.....	116,52	64,57	69,63
Moyenne des LT.....	128,35	73,32	75,57
Variance de y,.....	2 460,26	635,07	648,67
Variance de x.....	2 864,05	826,346	722,24
Coefficient de corrélation r..	0,996	0,989	0,984
Erreur standard sur r.....	0,00062	0,00071	0,0017
Droite de régression $y = f(x)$.	$y = 0{,}923x - 1{,}95$	$0{,}867x + 1$	$0{,}960x - 3{,}04$
Droite déterminée graphiquement.....	$y = 0{,}925x - 1$	$0{,}890x - 1$	$0{,}932x - 0{,}805$

Calculs des corrélations existant entre la longueur à la fourche (LF = y) et la longueur totale (LT = x) par la méthode de régression chez les trois Acipensérides : *Acipenser sturio*, *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens*
On y a ajouté l'expression algébrique $y = f(x)$ déterminé graphiquement

Chez les trois espèces le coefficient de corrélation est proche de 1 : 0,996 chez *Acipenser sturio*, 0,989 chez *Acipenser oxyrhynchus* et 0,984 chez *Acipenser fulvescens*. La corrélation est donc forte entre LT et LF : ce résultat était prévisible mais il est néanmoins intéressant car il nous montre que les deux longueurs : totale ou à la fourche, sont étroitement liées et que l'on peut employer l'une ou l'autre sans inconvénient dans la pratique.

Proches de 1, ces corrélations sont néanmoins différentes chez les trois esturgeons. Quelle est la valeur statistique de cette différence ? Nous avons calculé les limites de confiance de ces trois coefficients pour un coefficient de sécurité de

95 % (tableau 7). Il ressort de ces calculs que les limites de ces intervalles ne chevauchent pas : il faut donc admettre que la différence de valeur de ces trois coefficients est bien significative.

TABLEAU 7

	A. sturio	*A. oxyrhynchus*	*A. fulvescens*
Coefficient de corrélation.....	0,996	0,989	0,984
2 Sr.....	0,00124	0,00142	0,0034
Intervalle de confiance pour coefficient de sécurité 95 %.....	0,995–0,997	0,988–0,990	0,981–0,987

Comparaison du coefficient de corrélation *r* entre LT et LF chez les trois esturgeons étudiés : S*r* : erreur standard sur *r*

Les équations de régression sont aussi différentes chez les trois esturgeons :
$y = 0{,}923\ x + 1{,}95$ pour *Acipenser sturio*;
$y = 0{,}867\ x + 1$ pour *Acipenser oxyrhynchus*;
$y = 0{,}960\ x - 3{,}04$ pour *Acipenser fulvescens*.

Elles ont été représentées graphiquement sur la figure 19. La droite de régression de l'*Acipenser sturio* a une position intermédiaire entre les droites de régression de l'*Acipenser oxyrhynchus* et de l'*Acipenser fulvescens*. Le tableau 8 donne les longueurs à la fourche correspondant aux longueurs totales de 50, 100, 150 et 200 cm.

TABLEAU 8

Longueur totale	Longueur à la fourche					
	A. sturio		*A. oxyrhynchus*		*A. fulvescens*	
	calculée	mesurée	calculée	mesurée	calculée	mesurée
50.....	44,2	44,5	44,3	44,1	45,8	44,3
100.....	90,3	90	87,7	87,4	92,4	92,6
150.....	136,5	137	131,1	132	139	137
200.....	182,6	181	174,4	–	185,6	–

Comparaison entre les longueurs à la fourche mesurées directement et ces mêmes longueurs calculées d'après l'équation de régression chez les trois esturgeons

Les équations de corrélation sont donc bien différentes chez les trois esturgeons. Nous pouvons traduire ces résultats en langage plus concret. Les relations entre la longueur à la fourche et la longueur totale sont en liaison directe avec le développement plus ou moins grand de l'hétérocercie. En regardant la figure 19, on s'aperçoit que l'hétérocercie des jeunes individus jusqu'à 40 cm est sensiblement la même chez les trois esturgeons : cette hétérocercie est ensuite beaucoup plus prononcée chez *Acipenser oxyrhynchus* que chez *Acipenser fulvescens*, *Acipenser sturio* ayant une position intermédiaire entre les deux.

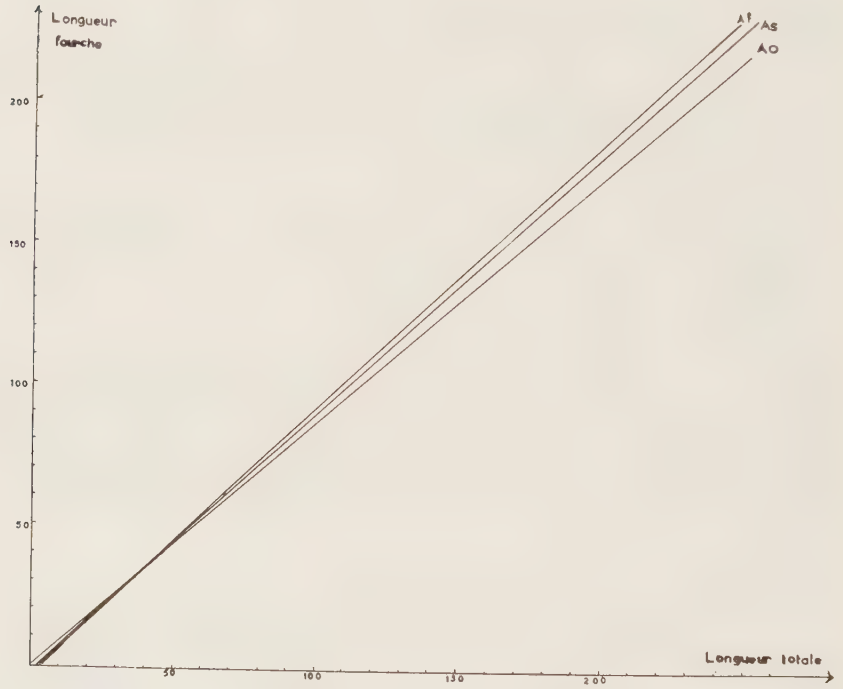


Fig. 19. — Droites de régression représentant les variations de la longueur à la fourche en fonction de la longueur totale (en cm) chez les trois esturgeons : *Acipenser sturio* (A.s.), *Acipenser fulvescens* (A.f.) et *Acipenser oxyrhynchus* (A.o.). Abscisses et ordonnées sont exprimées en cm.

2. Relations longueur-poids

L'étude des relations qui existent entre la longueur et le poids chez les poissons présentent un triple *intérêt*.

1° *Biologique.* — Les variations dans les relations longueur-poids reflètent évidemment des changements dans le métabolisme général de l'individu. L'acquisition de la maturité sexuelle, la maturation cyclique des gonades, les

perturbations internes provoquées par des changements dans le milieu externe, sont quelques-uns des facteurs les plus importants qui peuvent avoir une action sur les relations existant entre la longueur et le poids et qui pourront de ce fait être décelées par cette étude;

2° *Taxonomique.* — Tous les facteurs cités plus haut étant égaux, il est évident que des espèces différentes ont des relations longueur-poids différentes. Ce critère a été souvent utilisé pour définir des espèces ou des races de poissons et en particulier d'Acipensérídés (Petrov, 1927).

3° *Pratique.* — Ces relations permettent de déduire facilement le poids des poissons connaissant leur longueur. Cet aspect est souvent utilisé pour préciser la croissance en poids des poissons.

Cette étude nous semble particulièrement importante dans ce travail sur les Acipensérídés. En effet, étant donné la difficulté de se procurer un matériel abondant et varié pour préciser la systématique et la biologie de ces poissons, il faut essayer de tirer des échantillons recueillis tous les renseignements susceptibles d'amener quelque lumière sur ces problèmes. C'est pourquoi nous avons donné un certain développement à l'étude de ces relations entre la longueur et le poids.

Deux méthodes sont généralement employées pour étudier les relations entre la longueur et le poids chez les poissons (Le Cren, 1951).

1° Établissements d'une équation mathématique donnant le poids en fonction de la longueur: c'est ce que les auteurs anglais appellent « the length weight relationship ».

2° Étude à partir du poids théorique d'un poisson, des variations individuelles ou des variations dans des groupes bien limités d'individus, ces variations indiquant l'embonpoint, le bien-être général, la « condition ».

Ces deux directions de recherches ne sont pas identiques mais complémentaires. Nous verrons en effet pour chacune d'elles les renseignements qu'elles peuvent nous fournir. Mais avant de passer à l'étude séparée de ces aspects, nous allons décrire le matériel sur lequel nous avons travaillé :

— Ce matériel comprend 174 *Acipenser sturio,* 365 *Acipenser oxyrhynchus* et 177 *Acipenser fulvescens.* La répartition de l'échantillonnage est différente chez les trois espèces : (Tableau 9). Alors que pour l'*Acipenser sturio* nous avons une distribution très étalée de 35 à 250 cm, pour les deux espèces canadiennes les grandes tailles manquent. Cette distribution de l'échantillonnage a une très grande importance et devra être discutée dans les deux paragraphes de cette étude.

TABLEAU 9

La longueur est exprimée en centimètres

Espèces / Longueur totale	Nombre de spécimens						
	20–34 cm	35–50 cm	51–100 cm	100–150 cm	150–200 cm	200–250 cm	Total
A. sturio	0	22	55	31	40	26	174
A. oxyrhynchus	31	32	178	116	7	1	365
A. fulvescens	7	14	107	46	3	0	177

Distribution de fréquence des longueurs chez les trois *Acipenser : sturio, oxyrhynchus* et *fulvescens* étudiés pour établir les relations entre la longueur et le poids

A. Equation mathématique du poids en fonction de la longueur.

Si un poisson gardait la même forme générale et le même poids spécifique toute sa vie, le poids serait proportionnel au cube de la longueur suivant la formule $P = a\ L^3$. En fait cette formule est valable seulement pour un poisson « idéal », « théorique »; elle est rarement observée dans la nature. L'équation mathématique générale donnant le poids en fonction de la longueur est de la forme :

$$P = a\ L^n$$

Le paramètre n varie de 2,5 à 4 suivant les espèces, le stade du développement, les localités, le sexe, l'état de maturité sexuelle, les « stances de croissance »... autant de points biologiques et taxonomiques que l'étude de cette formule pourra aider à élucider.

Nous ne connaissons aucune étude de ce genre sur l'*Acipenser sturio*. Pour les deux esturgeons canadiens : *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens*, Vladykov (1949) donne la courbe représentative des variations du poids en fonction de la longueur mais sans donner la méthode employée.

La méthode pour établir cette équation est simple. Partant de l'équation générale :

$$P = a\ L^n$$

où la longueur totale L est exprimée en centimètres et le poids total P en grammes, on en tire :

$$\log P = n \log L + \log a$$

log P est alors fonction linéaire de log L. Le coefficient angulaire n et l'ordonnée à l'origine log a de cette droite pourront se déterminer graphiquement

en portant sur un papier logarithmique les valeurs de P correspondant aux valeurs de L : on obtiendra ainsi une première équation logarithmique approchée. On pourra aussi à partir des données individuelles de log P et de log L calculer l'équation de régression générale qui relie ces deux valeurs ainsi que leur coefficient de corrélation.

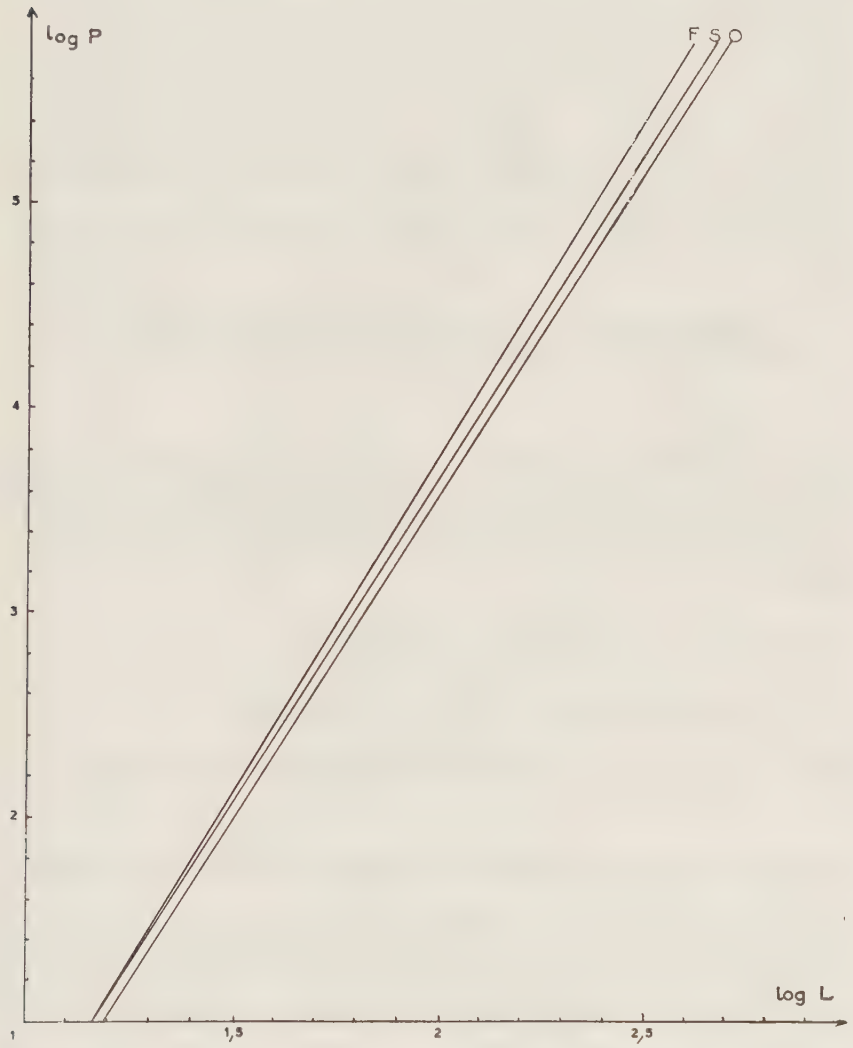


Fig. 20. — Droites de régressions représentant les variations de log P (Y) en fonction de log L (X) chez les trois esturgeons : *Acipenser fulvescens* (F), *Acipenser sturio* (S) et *Acipenser oxyrhynchus* (O).
Ordonnées = logarithme décimal du poids exprimé en g.
Abscisses = logarithme décimal de la longueur totale exprimée en cm.

TABLEAU 10

Sr = Erreur standard sur r

Calculs	*A. sturio*	*A. oxyrhynchus*	*A. fulvescens*
p	0,1897	0,1482	0,0945
r	0,972	0,967	0,982
Sr	0,0042	0,0037	0,0027
$y = f(x)$	$y = 3{,}199x - 2{,}710$	$y = 3{,}180x - 2{,}763$	$y = 3{,}327x - 2{,}863$
Détermination graphique	$y = 3{,}26x - 2{,}824$	$y = 3{,}27x - 2{,}92$	$y = 3{,}40x - 3{,}05$

Calculs de la covariance p, du coefficient de corrélation r et de l'équation de régression de log P (y) en fonction de log L (x)

Tous les résultats de ces calculs ont été résumés dans le tableau 10 et les courbes de log P en fonction de log L sont réprésentées dans la figure 20. De ces équations de régression on peut tirer l'équation de P en fonction de L : on aura ainsi entre les poids et les longueurs chez les trois espèces les relations suivantes :

$P = 1{,}949 \cdot 10^{-3} L^{3,199}$ pour *Acipenser sturio*;

$P = 1{,}371 \cdot 10^{-3} L^{3,327}$ pour *Acipenser fulvescens*;

$P = 1{,}726 \cdot 10^{-3} L^{3,180}$ pour *Acipenser oxyrhynchus*.

équations que nous avons représentées graphiquement dans les figures 21 et 22.

A partir des équations déterminées graphiquement, nous avions obtenu :

$P = 1{,}50 \cdot 10^{-3} L^{3,26}$ pour *Acipenser sturio*;

$P = 1{,}20 \cdot 10^{-3} L^{3,27}$ pour *Acipenser oxyrhynchus*;

$P = 0{,}11 \cdot 10^{-3} L^{3,40}$ pour *Acipenser fulvescens*.

Discussion. — Il nous faut examiner de plus près la valeur de ces formules : donnent-elles bien le poids en fonction de la longueur pour toutes les tailles dans les divers milieux étudiés ? Sont-elles valables pour caractériser les espèces *Acipenser sturio*, *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens* ? Peut-on tirer des renseignements biologiques à partir de ces données ?

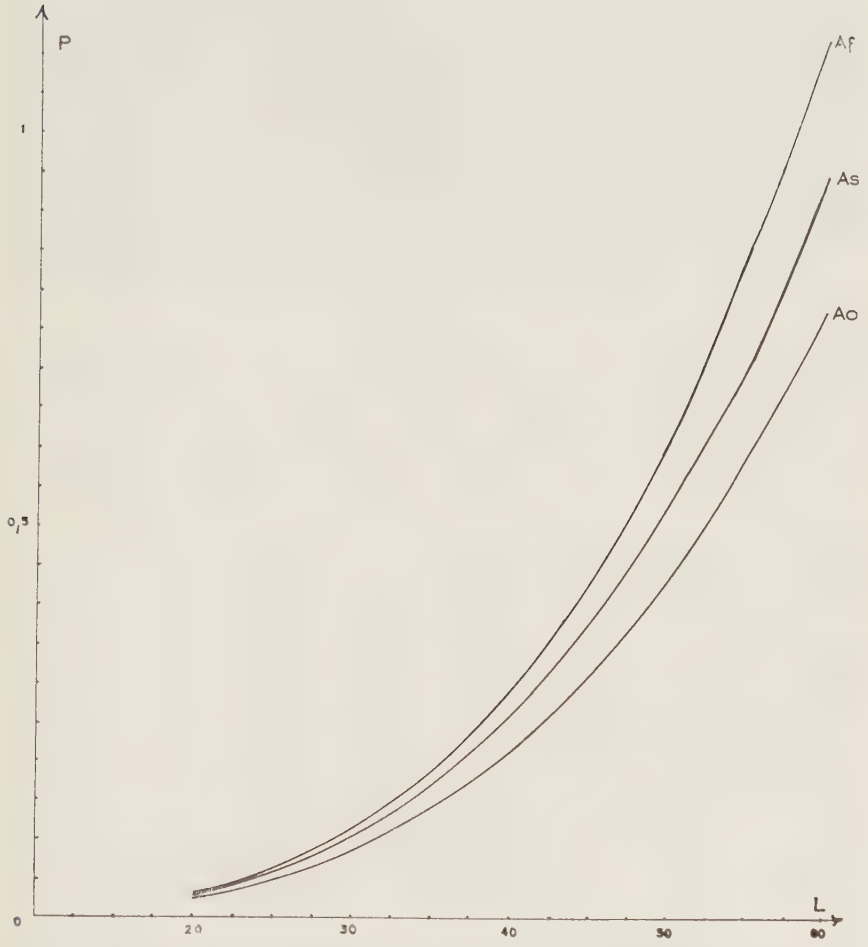


FIG. 21. — Variations du poids exprimé en kg en fonction de la longueur exprimée en cm chez les jeunes *Acipenser fulvescens* (Af), *Acipenser sturio* (As) et *Acipenser oxyrhynchus* (Ao).

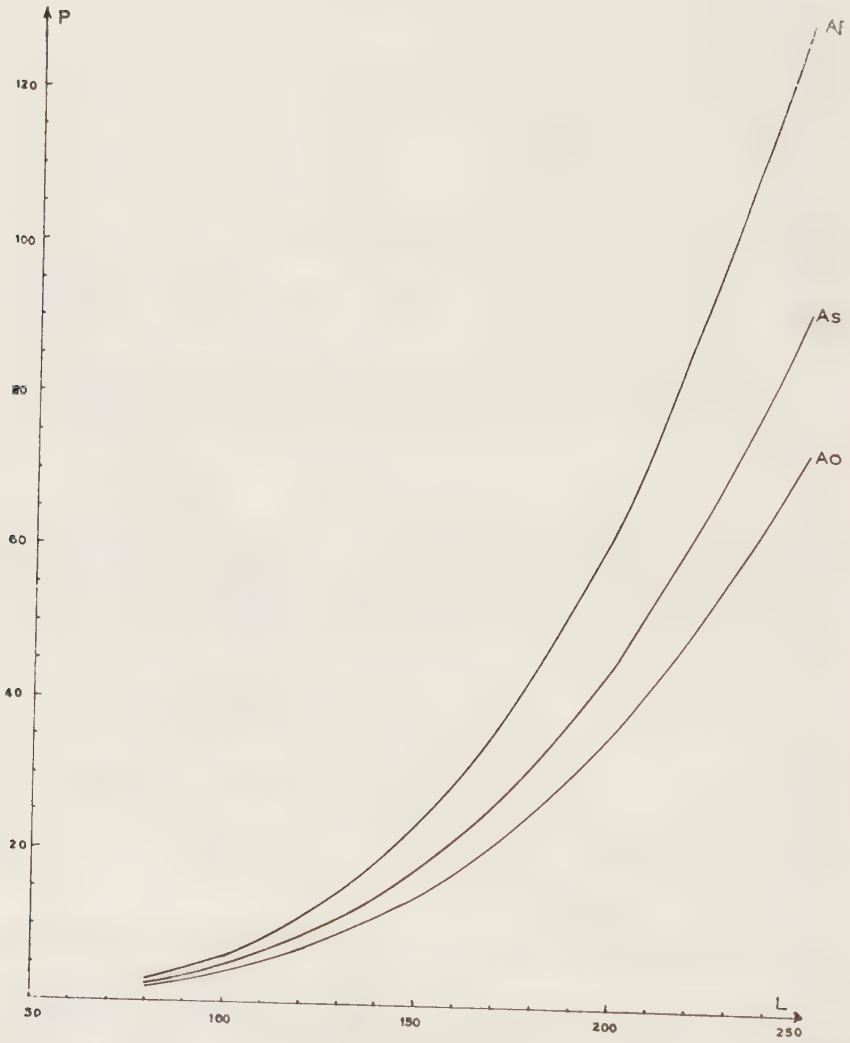


FIG. 22. Variations du poids exprimé en kg en fonction de la longueur exprimée en cm chez les spécimens plus âgés des trois espèces : *Acipenser fulvescens* (Af), *Acipenser sturio* (As) et *Acipenser oxyrhynchus* (Ao).

Pour différentes longueurs des trois esturgeons nous avons calculé d'une part la valeur des poids à partir des équations et d'autre part la valeur moyenne des poids mesurés directement. Les résultats sont reportés dans le tableau 11. Pour l'*Acipenser sturio*, les valeurs de P calculées et mesurées sont très semblables pour les longueurs allant de 40 à 250 cm : la formule pourrait être en défaut pour les longueurs inférieures à 40 cm mais nous n'avons pas de données à ce sujet. Pour l'*Acipenser oxyrhynchus* l'équation théorique est valable de 20 à 150 cm : pour les longueurs supérieures, les poids donnés par ces équations semblent inférieurs à ceux mesurés directement sur les poissons. L'équation déterminée graphiquement semble meilleure pour les longueurs comprises entre 100 et 150 cm. Chez l'*Acipenser fulvescens* la formule théorique est valable de 20 à 200 cm : il semble que pour les longueurs supérieures à 200 cm les valeurs de P calculées soient aussi sous-estimées bien qu'elles se rapprochent plus des valeurs réelles que chez l'*Acipenser oxyrhynchus*.

TABLEAU 11

L	*A. sturio*		*A. oxyrhynchus*		*A. fulvescens*	
	P calculé	P mesuré	P calculé	P mesuré	P calculé	P mesuré
20.....	0,028	–	0,024	0,024	0,029	0,033
30.....	0,103	–	0,086	0,089	0,112	0,086
40.....	0,260	0,225	0,214	0,191	0,293	–
50.....	0,531	0,457	0,436	0,416	0,616	0,561
60.....	0,954	0,928	0,778	0,741	1,128	1,013
80.....	2,386	2,375	1,943	1,872	2,939	2,750
100.....	4,876	5,265	3,954	4,113	6,180	5,952
120.....	8,724	9,020	7,051	7,618	11,320	11,350
150.....	17,820	20,660	14,340	15,840	23,800	23,250
200.....	44,760	43,840	35,820	–	62	–
250.....	91,450	89 (*)	72,880	–	130,400	–

(*) 243 cm.

Comparaison entre les poids calculés d'après les équations théoriques $P = aL^n$ et les poids moyens mesurés pour quelques valeurs de la longueur totale L

Ceci s'explique par la variation au cours de la croissance du paramètre n de la formule $P \times a\ L^n$ et par l'hétérogénéité de l'échantillonnage chez les 3 esturgeons étudiés. Les équations se trouvent limitées par la distribution de fréquence des spécimens utilisés pour l'établissement de ces formules. L'échantillonnage d'*Acipenser sturio* étant très étalé, l'équation théorique obtenue est

valable ce ce fait pour l'ensemble de la population. Pour les espèces canadiennes mais plus encore pour *Acipenser oxyrhynchus* que pour *Acipenser fulvescens*, l'équation théorique n'est valable que pour les spécimens plus petits.

Ces équations, valables entre certaines limites de longueur, ne sont aussi valables que dans les milieux où elles ont été prises. En effet, nous avons calculé d'après les données de Classen (1944) les poids moyens des *Acipenser sturio* du Guadalquivir pour différents longueurs (Tableau 12). Une simple comparaison avec le tableau 11 ou la figure 22 montrent que pour la même longueur les esturgeons du Guadalquivir sont nettement plus lourds que ceux de la Gironde. On ferait exactement la même remarque pour les *Acipenser oxyrhynchus* de la rivière Hudson (d'après les données de Greeley, 1937) par rapport aux esturgeons de la même espèce du Saint-Laurent ou pour les *Acipenser fulvescens* du lac Winebago (d'après les données de Probst et Cooper, 1955) par rapport aux esturgeons d'eau douce du Saint-Laurent.

TABLEAU 12

L en centimètres..	150	160	170	180	190	200	210	220	230
P en kilogrammes.	21,04	25,83	32,68	39,88	44,28	52,76	59,75	66,42	76,50

Corrélation entre la longueur L et le poids P
chez *Acipenser sturio* du Guadalquivir
Ce tableau a été établi d'après les données de Classen, 1944.

En résumé, les équations établies ci-dessus ne sont valables que pour :
Acipenser sturio du Bassin Girondin de 40 à 250 cm.
Acipenser oxyrhynchus du Saint-Laurent de 20 à 120 cm.
Acipenser fulvescens du Saint-Laurent de 20 à 200 cm.

Il ressort de cela que la comparaison des équations obtenues chez l'*Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser sturio* n'a aucune valeur au point de vue systématique. On ne pourra comparer que les *Acipenser oxyrhynchus* et *fulvescens* qui vivent sensiblement dans le même milieu et dont les équations ont été établies sur les tailles sensiblement identiques. La différence entre ces deux espèces est évidente : pour la même taille, les *Acipenser fulvescens* sont nettement plus gros que les *Acipenser oxyrhynchus*. C'est un caractère supplémentaire de différenciation des deux espèces *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens*.

Au point de vue biologique nous n'avons pu retirer que très peu de renseignements de cette étude des relations entre la longueur et le poids. Cela est dû pour une part au manque de renseignements précis sur les échantillons utilisés (le sexe était la plupart du temps inconnu chez les esturgeons canadiens), à l'échantillonnage incomplet (nous n'avons pas de données sur des *Acipenser oxyrhynchus* matures) et enfin à la grande variabilité de poids chez ces poissons (des *Acipenser sturio* femelles de 160 cm peuvent peser de 20 à 37 kg; ces

mêmes esturgeons de 200 cm peuvent peser de 50 à 67 kg, d'après les données de Classen, 1944).

En résumé, cette étude nous a apporté deux éléments positifs :

1° Un critère de différenciation supplémentaire des deux espèces *Acipenser fulvescens* et *Acipenser oxyrhynchus*.

2° La possibilité de calculer le poids à partir de la longueur chez *Acipenser sturio* de la Gironde, *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent, possibilité valable dans certains limites de longueur pour *Acipenser oxyrhynchus* particulièrement. Ce dernier résultat sera utilisé en particulier dans la Deuxième partie de ce travail, Chapitre I : Étude de la croissance.

B. Coefficient de condition.

L'étude des variations individuelles a été considérée souvent comme plus intéressante que l'établissement d'une équation mathématique reliant le poids et la longueur des poissons. Cette « condition » est habituellement analysée par le moyen d'un « coefficient de condition » appelé aussi facteur de condition, index pondéral, coefficient d'embonpoint, indice de nutrition. Ce facteur est défini comme le rapport entre le poids observé et le poids calculé à partir de la longueur d'après l'équation $P = a\,L^n$. La plupart du temps cependant on suppose que le coefficient n est égal à 3 et le coefficient de condition est alors égal à

$$K = \frac{P}{L^3}$$

Ce rapport dépend évidemment des unités choisies. Nous prendrons ici P en grammes, L en centimètres et nous multiplierons le résultat par 1.000.

$$K = \frac{P\ g \times 1000}{L^3\ cm}$$

Le nombre des variables qui affectent ce coefficient est considérable (Le Cren, 1951) : il y a évidemment tous les facteurs cités plus haut dans l'analyse mathématique des relations longueur-poids; il y a ensuite les effets de la sélection opérée par le mode de pêche et enfin les facteurs habituellement associés à K : milieu, apport de nourriture, changements saisonniers, cycles de croissance alternative en poids et en longueur (Brown, 1957). L'interprétation des variations de K est donc très délicate.

Avant d'établir la valeur taxonomique de ce coefficient, il nous faudra établir pour chacun des trois esturgeons les variations que présente ce coefficient avec la croissance, le sexe, le milieu, la saison.

Les données de la littérature sont inexistantes pour *Acipenser oxyrhynchus*. Le coefficient de condition a été étudié chez l'*Acipenser sturio* du Guadalquivir par Classen (1944) et chez l'*Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent par Cuerrier et Roussow (1951).

Variation de K au cours de la croissance. — Nous avons calculé le rapport $K = P/L^3$ en utilisant pour les différentes longueurs les poids déterminés à partir de l'équation théorique $P = a\,L^n$ établie ci-dessus pour les différentes espèces et dans les limites valables pour chaque espèce. Les résultats sont consignés dans le tableau 13 et illustrés par le graphique de la figure 23.

TABLEAU 13

Les poids ont été déduits de l'équation théorique $P = kL^n$

L en centimètres	L^3	*A. sturio*		*A. oxyrhynchus*		*A. fulvescens*	
		P	K	P	K	P	K
20.....	8 000	28	3,50	24	3,00	29	3,62
30.....	27 000	103	3,81	86	3,18	112	4,14
40.....	64 000	260	4,06	214	3,34	293	4,57
50.....	125 000	531	4,25	436	3,49	616	4,93
60.....	216 000	954	4,41	778	3,60	1 128	5,22
80.....	512 000	2 386	4,66	1 943	3,79	2 939	5,74
100.....	1 000 000	4 876	4,87	3 954	3,95	6 180	6,18
120.....	1 728 000	8 724	5,05	7 051	4,08	11 320	6,55
150.....	3 375 000	17 820	5,28	14 340	4,25	23 800	7,05
200.....	8 000 000	44 760	5,59	–	–	62 000	7,75
250.....	15 625 000	91 450	5,85	–	–	130 400	8,34

Variation du coefficient de condition avec la longueur chez les trois esturgeons

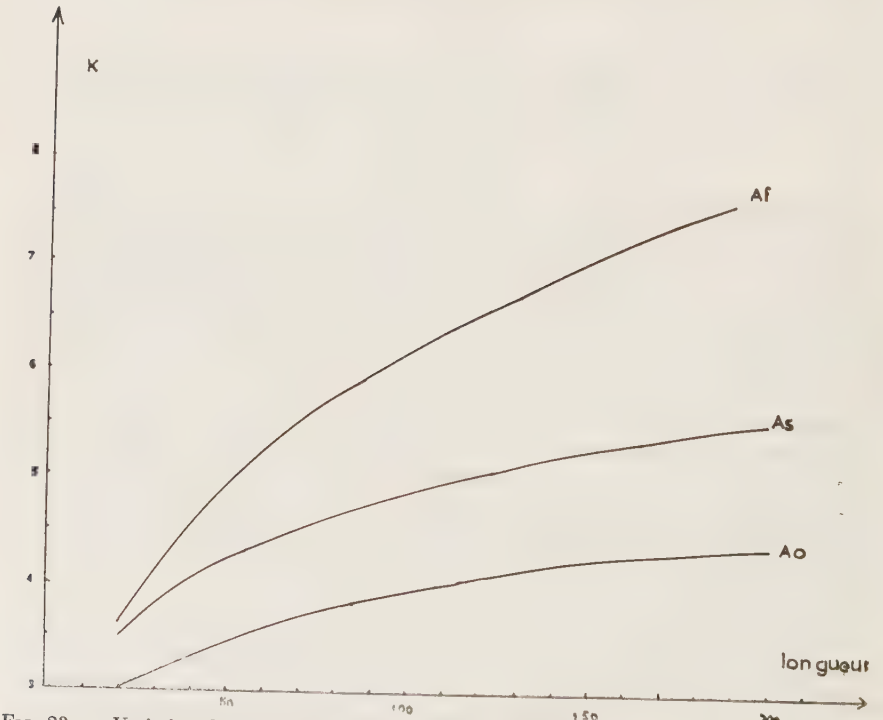


FIG. 23. — Variation de l'indice de nutrition K en fonction de la longueur chez les trois *Acipenser : sturio, fulvescens* et *oxyrhynchus*, d'après les données du tableau 13.

Il ressort de là que le coefficient K augmente au cours de la croissance tout en tendant vers une asymptote horizontale; en d'autres terme l'augmentation de K très forte chez les jeunes s'estompe peu à peu avec l'âge. Ces résultats sont confirmés par la plupart des auteurs qui ont étudiés les Acipensérídés : Nedochivine et Iline (1927, 1929) donnent ce fait comme une loi générale chez les esturgeons; Petrov (1927) l'a vérifié sur *Acipenser guldenstaedti* et Cuerrier et Roussow (1951) sur *Acipenser fulvescens.*

TABLEAU 14

K \ L	172,5	177,5	182,5	187,5	192,5	197,5	202,5	207,5	212,5	217,5	222,5	Total
4,1.....						1						1
4,3.....												0
4,5.....							1					1
4,7.....					1		1					2
4,9.....							1		1			2
5,1.....						2			1			3
5,3.....				1	1		3		1	1		7
5,5.....			1	1	2	1		1				6
5,7.....				2	1	3			2			8
5,9.....				1			1			1	1	4
6,1.....									1	1	1	3
6,3.....	1	1	1									3
6,5.....			1				1					2
6,7.....	1											1
6,9.....										1		1
7,1.....												0
7,3,.....									1			1
Total..	2	1	3	5	5	7	8	1	7	4	2	45

Corrélation entre la longueur et l'indice de nutrition chez les femelles matures d'*Acipenser sturio*

Classen (1944) se basant sur les résultats obtenus à partir d'*Acipenser sturio* femelles de 155 à 230 cm a cru pouvoir établir que K diminuait avec l'âge. Nous avons d'abord essayé de vérifier cela chez les *Acipenser sturio* femelles de la Gironde. Le tableau 14 donne la corrélation entre la longueur et le coefficient K : il ressort de ce tableau que l'on ne peut tirer aucune conclusion sur l'augmentation ou la diminution du coefficient K avec la taille : le petit nombre de spécimens et les grandes variations individuelles de poids signalées plus haut ne permettent pas de tirer une conclusion sûre. Nous nous sommes reportés aux calculs de Classen lui-même : ils ne nous paraissent pas plus probants.

En résumé, on peut affirmer que le coefficient de condition augmente toute la vie, plus rapidement chez les jeunes, moins rapidement chez les plus âgés, mais réellement quand même. Cette augmentation chez les plus grands specimens est néanmoins masquée par les grandes variations individuelles particulièrement chez les esturgeons femelles.

Variation de K avec le sexe.

Classen a cru pouvoir affirmer qu'il y avait une différence entre le coefficient de nutrition des mâles et celui des femelles; ce coefficient serait de 5,9 chez les premiers et 6,98 chez les seconds. Il étend même ces différences chez les jeunes immatures puisqu'il extrapole cette valeur trouvée chez les adultes pour calculer le poids en fonction de la longueur chez les jeunes.

Classen n'avait pas examiné — ou très peu — de jeunes individus. Nous en avons nous-même étudié un nombre relativement grand ou du moins suffisant pour pouvoir affirmer qu'il n'y a pas de différence fondamentale entre les jeunes individus des deux sexes quant aux relations entre le poids et la longueur.

Existe-t-il une différence réelle chez les adultes? D'après nos calculs cela n'est pas sûr du tout. En effet, on trouve chez les mâles une valeur de K égale à 5,54 et chez les femelles une valeur égale à 5,71. Cette différence est faible et peut s'expliquer simplement par les différences de longueur des individus examinés dans les deux sexes : la moyenne des longueurs des mâles étudiés est en effet inférieure à la moyenne des longueurs des femelles. C'est aussi certainement la différence des longueurs moyennes des mâles et des femelles qui a donné à Classen cette différence entre les coefficients de condition des deux sexes.

Il ne semble donc pas que l'on puisse affirmer que l'indice de nutrition soit différent chez les mâles et les femelles. Tout au plus, comme nous le disions plus haut, les femelles présentent une variabilité plus grande. Nous avons établi cette loi en nous basant uniquement sur les données d'*Acipenser sturio* mais il semble que l'on puisse la généraliser aux autres espèces où nos données sont très réduites.

Variation de K avec le milieu.

Nous avions déjà noté dans l'étude mathématique précédente que, pour une longueur donnée, le poids des *Acipenser sturio* du Guadalquivir était supé-

rieur à celui des *Acipenser sturio* de la Gironde et que le poids des *Acipenser oxyrhynchus* de la rivière Hudson était supérieur à celui des *Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent. Les *Acipenser sturio* du Guadalquivir ont donc un coefficient de condition supérieur à celui des esturgeons de la Gironde : il en est de même des *Acipenser oxyrhynchus* de la rivière Hudson par rapport à ceux du Saint-Laurent. La température plus élevée des eaux du Guadalquivir et de la rivière Hudson par rapport aux eaux de la Gironde et du Saint-Laurent semble être la cause principale de cette différence.

Pour l'*Acipenser fulvescens* nos observations portent sur des spécimens de trois provenances : fleuve Saint-Laurent près de Québec, rivière Ottawa et lac Nipissing.

Comparons d'abord les esturgeons de la rivière Ottawa et du Saint-Laurent pour lesquels nous avons le plus grand nombre de spécimens. Pour éliminer l'influence de la longueur il nous faut comparer les tableaux des corrélations entre les longueurs et le coefficient de condition dans ces deux groupes : (tableaux 15 et 16). Il ressort de cette comparaison qu'il n'y a pas de différence significative entre eux. Il n'est pas étonnant que l'on n'ait pas trouvé de différence entre ces deux groupes et les *Acipenser fulvescens* du lac Saint-Pierre situé un peu en amont sur le Saint-Laurent (K calculé d'après les données de Cuerrier et Roussow, 1951). On peut donc considérer l'ensemble des esturgeons de la rivière Ottawa et du Saint-Laurent comme une même population ayant un état de nutrition identique.

TABLEAU 15

K \ L	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	Total
2,5.....	2	1										3
3,5.....	3	1		2		1		1				8
4,5.....	2		2	5	3		2					14
5,5.....			1		1		2	6	10	4	3	27
6,5.....					1			1	2	7	2	13
7,5.....											1	1
Total...	7	2	3	7	5	1	4	8	12	11	6	66
K moyen.	3,5	3	4,83	4,21	5,1	3,5	4	5,37	5,66	6,13	6,16	

Corrélation entre la longueur et l'indice de nutrition chez *Acipenser fulvescens* de la région de Québec

TABLEAU 16

K \ L	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	Total
2,5.....												0
3,5.....	1											1
4,5.....	2	2	1	2		1	1				1	10
5,5.....		1	1	3	6	1	1					13
6,5.....				1	2	6	2	1				12
7,5.....					2							2
TOTAL...	3	3	2	6	10	8	4	1	0	0	1	38
K moyen.	4,16	4,83	5	5,33	5,9	6,12	5,75	6,5			4,5	

Corrélation entre la longueur et le coefficient de nutrition chez *Acipenser fulvescens* de la région d'Ottawa

La comparaison avec les *Acipenser fulvescens* du lac Nipissing est plus difficile car nous n'avons que cinq spécimens tous femelles matures de 150 cm de longueur moyenne. Cependant le coefficient de condition de ces spécimens égal à 7,42 en moyenne semble très nettement supérieur à celui des esturgeons du Saint-Laurent et de la rivière Ottawa. Le facteur température ne semble pas primordial ici car le lac Nipissing est sensiblement à la même latitude que le lac Saint-Pierre et même plus au nord que la station étudié sur la rivière Ottawa. La meilleure condition physique pourrait provenir du fait que les esturgeons vivant dans les lacs n'ont pas à lutter contre les courants et économisent ainsi une énergie importante.

Un problème nous a semblé particulièrement intéressant à étudier : celui de l'action sur le coefficient de condition du passage de l'eau douce à l'eau de mer chez les esturgeons migrateurs : *Acipenser sturio* de la Gironde et *Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent. Nous pensions pouvoir préciser ainsi la taille à laquelle s'effectue la première descente en mer de ces poissons.

Nous allons étudier d'abord *Acipenser oxyrhynchus* pour lequel nous avons un nombre de spécimens assez grand. Nous sommes sûrs aussi d'autre part que le mode de pêche n'a pas opéré parmi ces échantillons une sélection qui fausserait nos conclusions.

La figure 24 donne l'histogramme de fréquence des *Acipenser oxyrhynchus* dans les deux milieux en fonction de l'indice de nutrition. En eau saumâtre, la grande majorité des esturgeons ont un indice compris entre 3,8 et 4,4 : en eau douce la majorité des esturgeons ont un indice compris entre 3 et 3,6. Il semble que l'on puisse conclure de l'examen de cet histogramme à une augmentation du coefficient de condition chez les poissons passant en eau de mer.

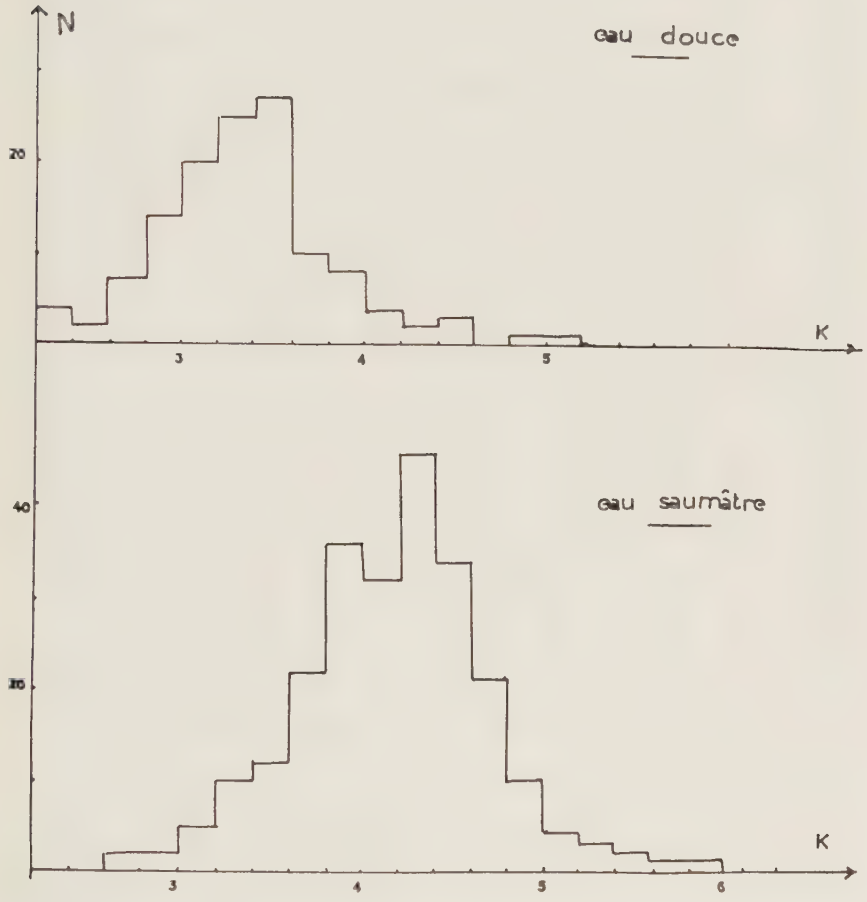


Fig. 24. — Histogramme de fréquence des *Acipenser oxyrhynchus* — en eau douce et en eau saumâtre — en fonction de l'indice de nutrition.

Il faut examiner cependant ce problème de plus près car les moyennes des longueurs des poissons pris en eau salée sont plus grandes que les moyennes des longueurs des poissons pris en eau douce. Il faut donc comparer les tableaux donnant les corrélations entre la longueur et le coefficient de corrélation chez

les deux groupes (tableaux 17 et 18) : cette comparaison montre clairement que les moyennes de K pour les mêmes longueurs sont identiques dans les deux milieux.

TABLEAU 17

K \ L	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	Total
2,3,.....		4										4
2,5.....	1		1									2
2,7.....	2	3	1			1						7
2,9.....	1	7		3	1	1				1		14
3,1.....	1	1	6	5	2	2		3				20
3,3.....	2	1	5	4	6	3		4				25
3,5.....	2	3	1	6	8	5	1	1				27
3,7.....		1	1	4	1	1	1				1	10
3,9.....			1		3	4						8
4,1.....				1	2						1	4
4,3.....		1					1					2
4,5.....											3	3
4,7.....												0
4,9.....										1		1
5,1.....			1									1
TOTAL...	9	21	17	23	23	17	3	8	0	2	5	128
K moyen.	3,05	2,98	3,32	3,40	3,50	3,44	3,83	3,25		3,90	4,26	

Corrélation entre la longueur totale et l'indice de nutrition chez les jeunes *Acipenser oxyrhynchus* vivant en eau douce

TABLEAU 18

K \ L	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155	Total
2,7.....			2									2
2,9.....			1	1								2
3,1.....		1	2	1			1					5
3,3.....	2	2	2	2	2							10
3,5.....		1		4	2	4	1					12
3,7.....		1	1	5	10	4	1					22
3,9.....		2	3	6	11	11	4		1			38
4,1.....			1	1	14	7	3	3	1		2	32
4,3.....			1	12	15	5	7	4	2			46
4,5.....				2	12	10	7	2	1			34
4,7.....				2	6	5	6	2				21
4,9.....					2	1	3	3		1		10
5,1.....					1			1	1	1		4
5,3.....						2	1					3
5,5.....						2						2
5,7.....						1						1
5,9.....						1						1
TOTAL...	2	7	13	36	75	53	34	15	6	2	2	245
K moyen.	3,3	3,52	3,45	3,96	4,16	4,31	4,35	4,51	4,4	5	4,1	

Corrélation entre la longueur totale et l'indice de nutrition chez les jeunes *Acipenser oxyrhynchus* vivant en eau saumâtre

Nous pouvons faire les mêmes comparaisons entre les *Acipenser sturio* de la Gironde vivant en eau douce et en eau de mer (tableaux 19 et 20) : on aboutit aux mêmes conclusions.

TABLEAU 19

K \ L	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	Total
3,5.....	4										4
3,7.....	1	1									2
3,9.....	2	3	1	3	2						11
4,1.....	3	2									5
4,3.....			1	2	1				1	1	6
4,5.....				1	2					1	4
4,7.....				1			1			2	4
4,9.....						1	2			3	6
5,1.....							1	1	1		3
5,3.....								1	1	1	3
5,5.....											0
5,7.....									1		1
5,9.....									2		2
Total...	10	6	2	7	5	1	4	2	6	8	51
K moyen.	3,78	3,93	4,1	4,21	4,22	4,9	4,9	5,2	5,36	4,77	

Corrélation entre la longueur et le coefficient de condition chez les jeunes *Acipenser sturio* vivant en eau douce

Il semblerait donc que le passage en eau de mer n'ait aucune influence appréciable sur la condition générale des esturgeons migrateurs. Mais il y a aussi une autre explication plausible : c'est que ces esturgeons, qu'ils soient pris en eau douce ou en mer, font partie en fait d'une même population dont certains spécimens effectuent des migrations dans un sens ou dans un autre. Nous étudierons plus loin les déplacements des jeunes esturgeons entre l'eau douce et l'eau de mer et les conclusions auxquelles nous aboutirons sont confirmées par les observations faites ci-dessus.

TABLEAU 20

K \ L	55	65	75	85	95	105	115	Total
3,7.....		1	1					2
3,9.....	1		2		1			4
4,1.....		2	2	1	1	1		7
4,3.....								0
4,5.....		1		1		1		3
4,7.....		4	1		1	1		7
4,9.....		2		2	2	2		8
5,1.....		2	1	3	1		1	8
5,3.....					1	1	1	3
5,5.....				1		1	1	3
5,7.....		1	1	1	2		2	7
5,9.....				1		1	1	3
6,1.....					2	1	1	4
6,3.....						1		1
TOTAL...	1	13	8	10	11	10	7	
K moyen.	3,9	4,68	4,40	5,08	5,13	5,22	5,61	

Corrélation entre la longueur et le coefficient de condition chez les jeunes *Acipenser sturio* pris en eau de mer

Influence de la saison sur K.

Il nous est difficile d'établir les variations saisonnières de K car la plupart des échantillons étudiés proviennent de captures effectuées au printemps et au début de l'été

Les seules captures faites en plein hiver sont celles de quelques *Acipenser sturio* français pris en mer au début de janvier :

1 de 55 cm..... ... K = 3,31
1 de 52 cm..... K = 3,86
1 de 104 cm..... K = 5,87

Si on compare ces valeurs avec les données du tableau de corrélation ci-dessus (tableau 20) il n'apparaît pas de différences sensibles : si le coefficient K du

premier est inférieur à la moyenne, le deuxième est sensiblement égal et le troisième supérieur.

D'autre part, les autres captures d'*Acipenser sturio* en mer se situent en mars et au début du mois d'avril alors que les jeunes esturgeons d'eau douce ont été pêchés au mois de juillet-août. La comparaison des deux tableaux 19 et 20 montre donc non seulement que le passage à l'eau de mer n'a aucune influence sur le coefficient K mais aussi que ce coefficient ne subit pas de changement appréciable suivant les saisons. Ceci peut s'expliquer aussi par le fait que tous ces spécimens font partie de la même population qui effectue des migrations saisonnières tout en restant dans un milieu relativement constant au point de vue température et quantité de nourriture.

Cela n'est évidemment vrai que pour les espèces migratrices *Acipenser sturio* et *Acipenser oxyrhynchus*. Chez l'esturgeon d'eau douce *Acipenser fulvescens* il y a très probablement une variation saisonnière de K car le milieu ambiant varie beaucoup avec les saisons tant au point de vue température que quantité de nourriture : cette hypothèse sera confirmée plus loin lors de l'étude de la croissance de ces esturgeons.

Variation de K avec les espèces.

D'après les divers facteurs de variations étudiés ci-dessus, en voit qu'il est très délicat, sinon impossible, de comparer les coefficients de condition des deux espèces. Il semble cependant que les variations de l'indice de nutrition au cours de la vie soient caractéristiques d'une espèce.

Conclusion. — Les trois esturgeons semblent se comporter de façon bien différente si on compare les résultats donnés au début de cette étude (tableau 13 et fig. 23) : l'*Acipenser fulvescens* a tendance au cours de la croissance a devenir plus gros, plus trapu que l'*Acipenser oxyrhynchus* qui a une forme plus élancée, l'*Acipenser sturio* ayant une allure intermédiaire entre les deux. Mais nous avons vu aussi que ces différences peuvent s'estomper suivant les milieux où ils vivent. Le coefficient de condition n'a donc qu'un intérêt taxonomique bien réduit : ce critère est très délicat à employer dans la pratique courante.

3. Proportions des différentes parties du corps

On trouve dans la littérature des données sur les rapports entre les différentes parties du corps mais qui sont la plupart du temps inutilisables. Ces rapports en effet peuvent varier au cours de la croissance : ils n'auront de véritable intérêt que si l'on connaît la taille des esturgeons examinés. Prenons un exemple pour préciser cette remarque : on trouve couramment dans les données bibliographiques l'affirmation que les *Acipenser oxyrhynchus* ont une tête relativement plus longue que les *Acipenser fulvescens*, or cela n'est vrai que pour les gros individus car la tête est également développée chez les jeunes des deux espèces.

Les relations qui existent entre deux parties du corps durant la croissance ne sont pas de la forme $y = ax$ mais de la forme $y = ax + b$. Il faudra établir

d'autre part ces formules sur un nombre de spécimens assez grand et de toutes les tailles pour plus de sécurité. Comme nous le disions dans l'introduction à cette étude morphométrique, nous n'avons pas encore d'études semblab les surles trois *Acipenser sturio, oxyrhynchus* et *fulvescens* étudiés ici. L'étude morphométrique des esturgeons canadiens étant entreprise par le Centre biologique du département des pêcheries de Québec, nous présenterons principalement ici les résultats obtenus sur *Acipenser sturio* de la Gironde. En attendant de faire ultérieurement des comparaisons plus valables entre les trois espèces, nous donnerons déjà quelques éléments de comparaison avec les données bibliographiques que nous possédons sur *Acipenser oxyrhynchus.*

A. Quelques données morphométriques chez Acipenser sturio.

Elles ont été établies à partir des mesures effectuées sur 80 spécimens de toutes tailles entre 40 et 250 cm (moyenne = 123 cm environ). Nous avons établi d'une part, les relations existant entre les dimensions de différentes parties du corps et la longueur totale (L) et d'autre part les relations existant entre les différentes parties de la tête et la longueur totale de la tête (T). Nous avons calculé les équations des droites de régression par la méthode des moindres carrés. Pour chaque relation enfin nous avons calculé le coefficient de corrélation et l'erreur standard de ce coefficient. L'ensemble de ces résultats est donné dans les tableaux 21 et 22 et illustré par les graphiques des figures 25 à 30.

TABLEAU 21

P = covariance ; r = coefficient de corrélation ; s_r = erreur standard sur r.

Y	Y	V	P	r	s_r	Y = f (L)
T.	25,410	98,839	496,338	0,990	0,0022	T = 0,195 L + 1,510
H	14,702	36,508	292,153	0,965	0,0081	H = 0,116 L + 0,375
pc	16,946	44,187	325,811	0,978	0,0051	*pc* = 0,130 L + 0,890
p	14,351	22,742	232,185	0,972	0,0064	*p* = 0,093 L + 2,865
PV	47,297	441,348	1 043,897	0,992	0,0018	PV = 0,416 L + 4,084
V	8,540	8,336	122,855	0,849	0,0330	V = 0,049 L + 2,388
VA	17,108	55,475	365,799	0,981	0,0044	VA = 0,145 L — 0,800
A*b*	6,054	7,517	133,136	0,969	0,0071	A*b* = 0,053 L — 0,504
D*b*	11,567	25,570	247,625	0,977	0,0050	D*b* = 0,098 L — 0,537
h	3,977	2,724	81,761	0,989	0,0026	*h* = 0,033 L — 0,049

Corrélation entre la longueur de différentes parties du corps (Y) et la longueur totale (L) chez *Acipenser sturio* (74 spécimens)
La longueur totale moyenne est 123,513 cm avec une variance = 2508,499

TABLEAU 22

Y	Moyenne de Y	Variance de Y	Co-variance	Coefficient de corrélation	Y = f (T)
RN	8,442	5,582	22,684	0,997	Y = 0,244 T + 2,22
RO	10,706	12,116	33,341	0,994	Y = 0,36 T + 1,57
*p*O.....	13,070	33,208	55,479	0,999	Y = 0,60 T + 2,15
R*b*.....	5,904	2,317	14,64	0,998	Y = 0,16 T + 1,88
RB.....	11,107	10,290	30,821	0,997	Y = 0,33 T + 2,66
T*b*.....	6,204	5,745	23,057	0,998	Y = 0,25 T — 0,12
TB.....	9,339	12,841	34,483	0,999	Y = 0,37 T — 0,13
i	7,948	10,915	31,797	0,994	Y = 0,34 T — 0,78
o.....	1,544	0,216	4,421	0,987	Y = 0,05 T — 0,33
B*i*	4,697	3,273	17,383	0,997	Y = 0,19 T — 0,06
Be.....	6,236	6,521	24,569	0,999	Y = 0,265 T — 0,51
bi.....	3,675	0,881	8,838	0,982	Y = 0,10 T + 1,23
be	3,937	0,829	8,427	0,961	Y = 0,09 T + 1,62

Corrélation entre la longueur de différentes parties de la tête (Y) et la longueur totale de la tête (T) chez *Acipenser sturio* (80 spécimens)
La longueur moyenne de la tête est 25,451 cm avec une variance = 92,758

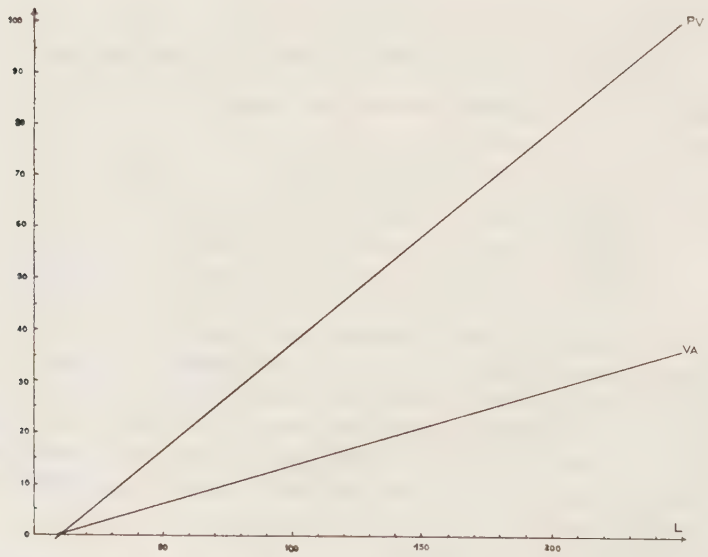


FIG. 25. — Droite de régression représentant les variations de la distance pectorale-ventrale (PV) et ventrale-anale (VA), en fonction de la longueur totale L. Toutes les longueurs sont exprimées en cm.

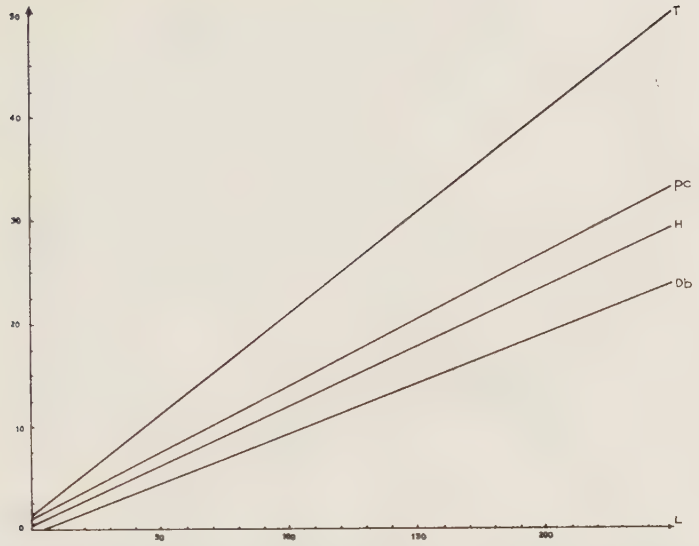


FIG. 26. — Droites de régression représentant les variations de la longueur de la tête (T), du pédoncule caudal (pc), de la hauteur maximum du corps (H) et de la largeur de la dorsale à sa base (Db), en fonction de la longueur totale L. Toutes les longueurs sont exprimées en cm.

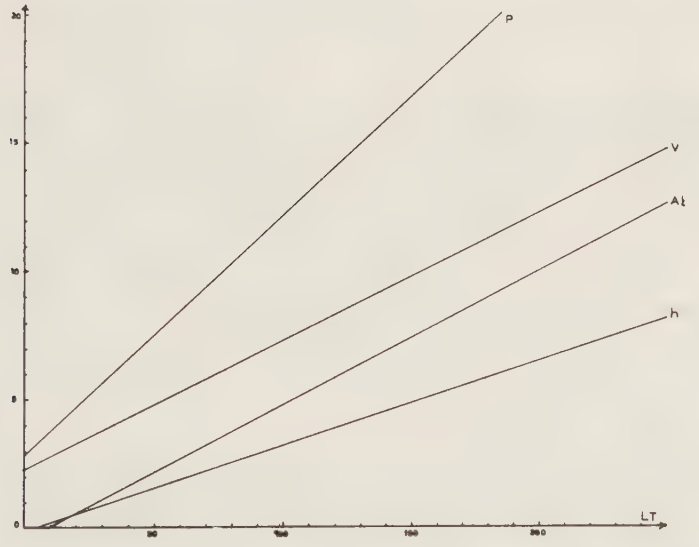


FIG. 27. — Droites de régression représentant les variations de la longueur de la pectorale (P), de la ventrale (V), de la largeur de l'anale à sa base (Ab) et de la hauteur minimum du corps (h), en fonction de la longueur totale L. Toutes les longueurs sont exprimées en cm.

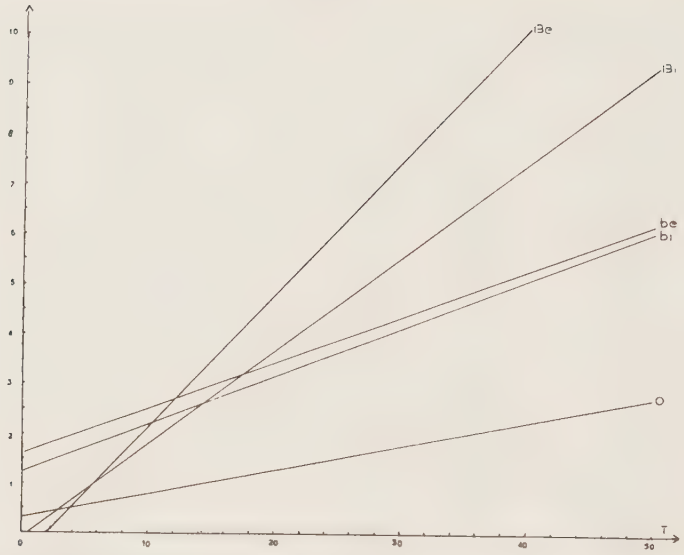


FIG. 28. — Droites de régression représentant les variations des largeurs interne et externe de la bouche (Be, Bi), de l'œil (o) et de la longueur des barbillons internes et externes (be, bi) en fonction de la longueur de la tête. Toutes les longueurs sont exprimées en cm.

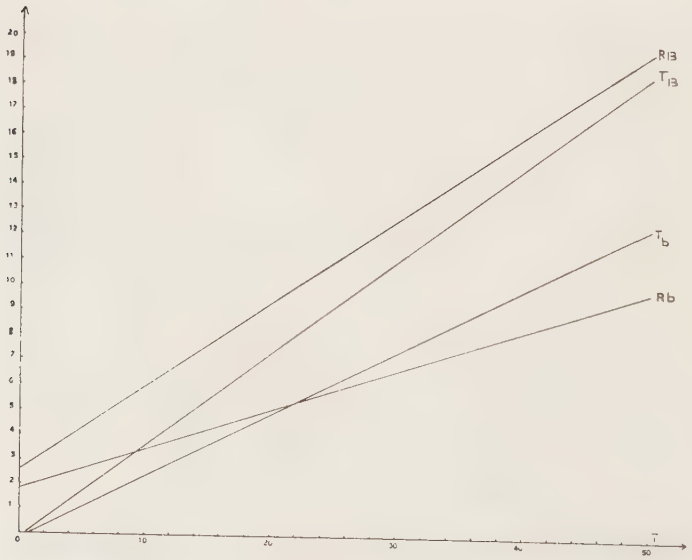


FIG. 29. — Droites de régression représentant les variations des distances rostre-bouche (RB), rostre-barbillon (Rb), de la largeur de la tête au niveau de la bouche (TB) et au niveau des barbillons (Tb) en fonction de la longueur de la tête. Toutes les longueurs sont exprimées en cm.

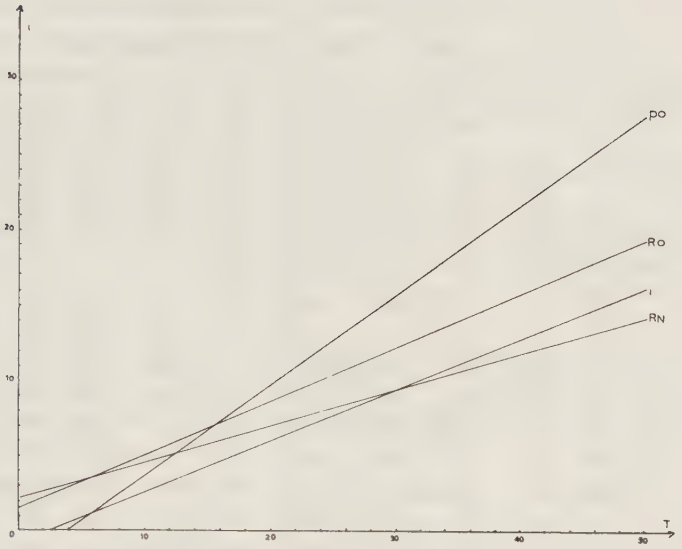


FIG. 30. — Droites de régression représentant les variations des distances post-orbitaires (po), rostre-œil (RO), inter-orbitaire (i), et rostre-narine (RN) en fonction de la longueur de la tête T. Toutes les longueurs sont exprimées en cm.

B. QUELQUES ÉLÉMENTS DE COMPARAISON ENTRE ACIPENSER STURIO ET ACIPENSER OXYRHYNCHUS.

Les seules mesures d'*Acipenser oxyrhynchus* comparables avec les nôtres parce que faites suivant la même méthode sont celles de VLADYKOV (1955*a*). Cet auteur donne différentes mensurations sur 4 spécimens de 51,5 à 62 cm provenant du Saint-Laurent. Nous allons les comparer avec 4 spécimens d'*Acipenser sturio* ayant sensiblement la même longueur.

Étant donné les grandes variations individuelles de ces poissons, il est difficile de tirer des conclusions définitives de la comparaison d'un aussi petit nombre de spécimens. Nous aurons néanmoins déjà là une première indication des différences qui pourraient exister entre ces deux Acipensérídés à cette taille de 60 cm environ.

Les différences principales semblent être d'une part la longueur de la tête et d'autre part la longueur du pédoncule caudal, ces deux mesures étant très nettement plus grandes chez *Acipenser oxyrhynchus* que chez *Acipenser sturio*. La longueur plus grande de la tête chez les premiers est due autant à la partie préorbitaire de la tête (RO) qu'à la partie post-orbitaire (po). Il semble aussi que la distance interorbitaire soit plus petite chez *Acipenser oxyrhynchus*, ce qui donne à la tête un aspect plus effilé bien net sur la figure 12.

TABLEAU 23

	Acipenser oxyrhynchus				Moy.	*Acipenser sturio*				Moy.
LF.	51,5	58	59,5	62	57,75	52	57	60	62	57,75
T.	13,7	16	15,9	16,4	15,51	13,4	14,5	15,5	15,9	14,82
o.	1	1,15	1	1,2	1,08	0,9	1	1	1,1	1,00
i.	3,8	4,3	4,3	4,7	4,27	4,0	4,4	4,3	4,7	4,35
RO	7,4	8,4	8	8,6	8,10	6,5	7	7,5	7,9	7,22
*p*O.	7	7,7	8	8,3	7,75	6	6,5	7	6,9	6,60
H	7,1	7,3	9,6	8,8	8,20	6,7	7,3	7,7	9,2	7,72
h.	1,7	2,1	2	2	1,95	1,9	2,2	2,2	2,3	2,15
pc	9,2	9,8	11	11,4	10,35	8,6	8,2	9,6	9,8	9,05
Be.	2,8	3,6	3,7	3,4	3,37	3	3,3	3,5	3,8	3,40
P.	6,4	8	8,2	8,6	7,80	8,7	7,3	8,3	9,1	8,35
V.	3,9	4,4	4,7	4,4	4,35	5,3	4,5	4,4	4,9	4,77
PV.	20,2	21,7	22,1	22,9	21,72	19	22	24	25,6	22,65
VA	7	7,7	8	8,3	7,75	7,7	8	8,2	9	8,22

Mesures faites sur des esturgeons *Acipenser oxyrhynchus* (Ao) et *Acipenser sturio* (As) de tailles semblables
Pour Ao les données sont prises dans VLADYKOV (1955)

RÉSUMÉ ET CONCLUSION

Nous allons rappeler ici brièvement et uniquement les résultats que nous avons obtenus en comparant les deux espèces migratrices des côtes européennes et américaines de l'Atlantique.

1° La face dorsale du crâne des jeunes *Acipenser oxyrhynchus* possède une fontanelle absente chez *Acipenser sturio*.

2° Le nombre de boucliers osseux est significativement différent chez les deux esturgeons : l'*Acipenser oxyrhynchus* a 10 boucliers osseux dorsaux, 29 latéraux et 10 ventraux alors que l'*Acipenser sturio* en a respectivement 12-13 35 et 11.

3° Les écussons sont plus grands chez l'esturgeon américain. Chez ce dernier d'autre part, la face externe des écussons est creusée d'alvéoles profonds séparés par des arêtes minces et coupantes alors que chez l'*Acipenser sturio* la face externe des écussons porte des rangées concentriques de petits tubercules émoussés.

4° Les faces externes des petites ossifications dermiques situées entre les rangées d'écussons portent des alvéoles chez *Acipenser oxyrhynchus* et des tubercules chez *Ascipenser sturio*. Ces deux derniers caractères rendent l'*Acipenser oxyrhynchus* plus rugueux au toucher que l'*Acipenser sturio*.

5° Les viscères de l'*Acipenser oxyrhynchus* sont blancs alors que ceux de l'*Acipenser sturio* sont légèrement pigmentés en gris.

6° La rate est plus développée chez les premiers.

7° Les équations de corrélation entre la longueur totale et la longueur à la fourche sont différentes. Les esturgeons américains ont une hétérocercie plus prononcée que les esturgeons européens.

8° L'étude morphométrique de l'*Acipenser sturio* permettra de faire des comparaisons ultérieures plus précises. La comparaison de jeunes *Acipenser sturio* et de jeunes *Acipenser oxyrhynchus* de 50 à 60 cm montre déjà quelques différences : la tête est plus allongée et plus effilée, et la distance entre la nageoire anale et la fourche caudale est plus grande chez *Acipenser oxyrhynchus* que chez *Acipenser sturio.*

9° Les relations longueur-poids indiquent de très nettes différences entre l'*Acipenser sturio* de la Gironde et l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent mais nous ne pouvons pas affirmer que ces différences puissent être utilisées comme caractères spécifiques.

Peut-on tirer de ces résultats une conclusion taxonomique? Il y a entre ces deux groupes d'esturgeons des différences très nettes : ces différences sont-elles suffisantes pour définir deux espèces? Il est toujours difficile de donner une réponse catégorique à cette question. Nous serions cependant enclins à répondre par l'affirmative étant donné le nombre relativement important de différences que nous venons d'établir entre les deux. D'autre part, les modalités de leur croissance, de leur comportement et de leur reproduction que nous allons étudier maintenant ne viendront que confirmer cette conclusion d'une distinction spécifique entre les *Acipenser sturio* L européens et les *Acipenser oxyrhynchus* Mitchill d'Amérique du Nord.

TROISIÈME PARTIE

ÉTUDE BIOLOGIQUE

TROISIÈME PARTIE

ÉTUDE BIOLOGIQUE

La base de toute étude biologique est évidemment la connaissance de la croissance des individus étudiés. La technique de détermination de l'âge bien mise au point et le déroulement de l'augmentation de taille et le poids étant bien connu, il est possible d'étudier avec plus de profit les principales phases de la vie d'un être, en particulier le développement des glandes génitales, l'âge de la maturité sexuelle et les cycles de reproduction après cette maturité. Ceci est vrai de tout être vivant, mais pour les poissons migrateurs anadromes comme le sont la plupart des esturgeons, il sera aussi particulièrement intéressant de préciser les grandes phases de leur migrations : descente en mer des jeunes alevins, séjour en mer, remontée vers les eaux douces pour la première fraye, cycles de fraye successifs... tous ces mouvements étant accompagnés par des changements dans la nourriture et par des perturbations dans le milieu interne des individus. C'est l'ensemble de ces problèmes que nous allons essayer de préciser dans cette troisième partie de notre travail.

Dans les différents chapitres qui vont suivre : croissance, migrations, nourriture, variation du milieu interne, développement des gonades, nous ferons évidemment état des connaissances déjà acquises pour les trois esturgeons *Acipenser sturio, Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens.* Nous pouvons cependant dire dès à présent que celles-ci sont très restreintes : la biologie générale de l'*Acipenser oxyrhynchus* est à peu près inconnue. Il en est de même de la biologie de l'*Acipenser sturio* de la Gironde bien que quelques aspects aient été étudiés en d'autres localités. La biologie de l'*Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent est un peu plus connue bien que de façon incomplète : le développement histologique des glandes génitales par exemple, n'a jamais été abordé; les esturgeons de la rivière Ottawa et du lac Nipissing enfin, n'ont jamais été étudiés.

CHAPITRE I

CROISSANCE DES ACIPENSÉRIDÉS

Avant d'étudier en détail la croissance des trois esturgeons : *Acipenser sturio* de la Gironde, *Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent et *Acipenser fulvescens* de la rivière Ottawa, du lac Nipissing et du Saint-Laurent près de Québec, nous donnerons quelques précisions préliminaires sur la technique de détermination de l'âge chez les poissons et les esturgeons en particulier, sur les conventions adoptées pour désigner la longueur, le poids et l'âge et enfin sur la méthode d'expression mathématique de la croissance.

Préliminaires

A. Techniques de détermination de l'age.

La détermination de l'âge des poissons est essentiellement basée sur le postulat que ces animaux ont des variations de croissance annuelles qui s'inscrivent dans toutes les formations osseuses sous forme de zones de croissance rapide, larges et opaques et zones de croissance lente, étroites et transparentes.

Sous quelles influences, externes ou internes, la croissance des poissons subit-elle ces fluctuations ? La question est importante car la lecture de l'âge se base sur le postulat de la formation annuelle de ces cercles de croissance. Or Menon (1950) avoue, à la suite d'une revue générale des travaux faits sur la croissance des poissons, que, malgré l'abondance de ces travaux, ce problème n'a pas encore reçu de réponse définitive.

Il cite l'opinion de Hickling (1935) au sujet de la formation des zones de croissance chez la morue : elles seraient dues à des rythmes physiologiques liés au cycle reproductif. On a proposé aussi l'explication des facteurs externes nourriture et température : les poissons étant des animaux poïkilothermes sont plus sensibles que les animaux à sang chaud aux variations de la température externe; d'autre part, en hiver, la nourriture serait beaucoup moins abondante qu'au printemps et en été.

Il est très probable et même certain que les facteurs internes et externes ont une influence sur la formation annuelle des zones de croissance. L'étude des esturgeons migrateurs et d'eau douce apportera d'ailleurs certains éléments à l'appui de cette assertion. Quelles que soient les causes de leur formation, on peut considérer les zones minces et transparentes comme les zones hivernales de moindre croissance et les zones larges et opaques comme les zones printanières et estivales de croissance rapide,

Les écailles sont, de loin, le matériel le plus utilisé pour la détermination de l'âge des poissons. Les esturgeons ne possèdent pas de semblables écailles mais des écussons ou boucliers osseux décrits plus haut. On peut voir sur ces écussons des zones de croissance annuelles et cette lecture directe a été jugée suffisante par Soldatov (1915) pour la détermination de l'âge des estur-

geons de l'Amour : *Huso dauricus* et *Acipenser medisrostris*. Mais ces écussons sont très épais et absolument opaques aussi certains auteurs, dont d'Ancona (1923) pour les *Acipenser sturio* d'Italie, ont estimé qu'il était nécessaire de lire ces cercles de croissance sur des sections transversales minces de ces écussons. Nous avons employé quelquefois cette méthode mais non de façon systématique, plutôt comme vérification.

Les otolithes sont un autre matériel couramment utilisé chez tous les poissons. Ils ont été particulièrement employés pour déterminer l'âge des esturgeons américains ou canadiens jusque vers 1945. C'est ainsi qu'a été déterminée la croissance des *Acipenser fulvescens* du lac Nipigon dans l'Ontario par Harkness (1923) et du lac Winnebago dans le Wisconsin (Schneberger et Woodbury, 1944), des *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser brévirostris* de la rivière Hudson (Greeley, 1937). Nous avons peu employé cette méthode, tout d'abord parce que l'extraction des otolithes obligeait à décapiter le poisson ou au moins à le mutiler fortement ce qui diminuait sa valeur marchande, et, d'autre part, cette méthode ne nous semble pas la meilleure. En effet, au Canada nous avions à notre disposition un très grand nombre d'otolithes recueillis par le centre biologique du Ministère des pêcheries de Québec. Nous avons essayé de faire des déterminations d'âge sur ce matériel : la méthode était excellente pour les jeunes esturgeons de moins de 5 ans mais devenait de plus en plus difficile quand l'âge augmentait. D'autre part, de nombreux otolithes étaient formés de petits granules qui masquent les lignes de croissance. D'Ancona (1924) et Greeley (1937) signalaient déjà ces difficultés pour la détermination de l'âge des esturgeons migrateurs *Acipenser sturio* et *Acipenser oxyrhynchus*. Les otolithes des esturgeons d'eau douce *Acipenser fulvescens* semblent beaucoup plus réguliers que ceux des migrateurs.

D'autres parties du squelette ont été utilisées pour la détermination de l'âge des poissons (Menon, 1950) : les vertèbres, les mâchoires, les os operculaires, le cleithrum (Derjavin, 1922) et enfin le premier rayon des nageoires pectorales. C'est cette dernière méthode qui a été de loin la plus utilisée pour la détermination de l'âge de nombreux Acipensérídés. Signalée par Kler en 1916, il semble qu'elle a été surtout employée depuis les études de Holzmayer (1924) sur l'*Acipenser ruthenus* et de Chugunov (1925) sur divers Acipensérídés russes.

C'est ainsi qu'a été étudiée la croissance de nombreux Acipensérídés de la mer Noire et de la mer Caspienne : *Acipenser guldenstaedti* par Petrov (1927), *Acipenser ruthenus* par de nombreux auteurs cités par Jankovic (1948), *Acipenser stellatus* et *Huso huso* par Tchugunova (1940). Cette méthode a aussi été utilisée chez les *Acipenser fulvescens* du lac Saint-François par Cuerrier et Roussow (1951) et les *Acipenser fulvescens* du lac Winebago (Wisconsin, U.S.A.) par Probst et Cooper (1955). Classen (1944) a déterminé par la même technique l'âge des *Acipenser sturio* du Guadalquivir et nous-même avons publié une première étude sur la croissance des *Acipenser sturio* de la Gironde. (Magnin, 1955 *a*).

Nous avions donné, dans cette étude, quelques précisions sur l'exécution des coupes dans les rayons de nageoires; on trouvera d'ailleurs aussi des

renseignements dans la plupart des auteurs cités plus haut ainsi que dans Menon (1950) et Cuerrier (1951). Quel que soit l'outil utilisé : scie à main, scie électrique, les coupes réalisées dans le premier rayon de la nageoire doivent être faites près de l'articulation et ne doivent être ni trop minces ni trop épaisses. Elles sont examinées à la loupe binoculaire, imbibées de glycérine, d'alcool ou de toluène pour les éclaircir. Elles sont enfin fixées sur lame avec du baume du Canada en vue d'une éventuelle vérification ultérieure.

La figure 31 montre une coupe du 1er rayon de la pectorale telle qu'on la voit à travers la loupe binoculaire : on aperçoit ainsi les zones opaques de croissance rapide estivale et les zones transparentes de croissance lente hivernale. La netteté de ces zones est variable avec les individus. On peut cependant dire de façon très générale que la netteté de ces cercles de croissance est plus grande chez les esturgeons d'eau douce *Acipenser fulvescens* que chez les esturgeons migrateurs *Acipenser sturio* et *Acipenser oxyrhynchus*, observation que nous discuterons plus loin.

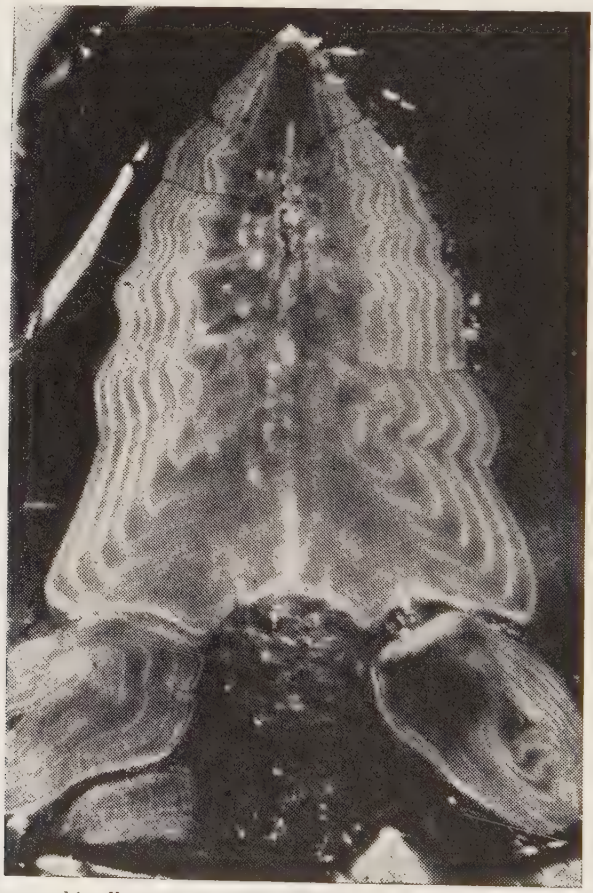


Fig. 31. — Photographie d'une coupe mince du premier rayon de la nageoire pectorale, telle qu'on l'aperçoit à travers une loupe binoculaire.

La lecture de ces zones de croissance annuelle présente évidemment des difficultés comme dans les autres méthodes. D'abord certains rayons, chez les poissons âgés surtout, se creusent d'une cavité qui fait disparaître les premières zones de croissance. Chez ces poissons âgés d'ailleurs, ce ne sont pas seulement les premières zones de croissance qui sont difficiles à lire mais aussi les dernières : les taux de croissance diminuant avec l'âge, les raies de croissance sont de plus en plus serrées et il est souvent difficile de séparer avec certitude les dernières raies formées.

La technique des coupes de rayons de nageoires présente un autre inconvénient pour les poissons très petits de 1 à 2 ans : il est très difficile de réaliser des coupes minces sur un matériel osseux très grêle et très fragile. Les otolithes rendent alors de bons services car on les examine directement à la loupe binoculaire sans qu'il soit nécessaire de les polir.

Pour réduire au maximum ces causes d'erreurs nous avons, d'une part. éliminé toutes les coupes où la lecture de l'âge était trop incertaine : zones de croissance peu visibles, rayons des nageoires endommagés, etc.... D'autre part, nous avons fait dans le même rayon de nageoire au moins 2 et même quelquefois, pour les plus gros spécimens, 3 ou 4 coupes : la comparaison de plusieurs coupes permet de calculer avec le maximum de sécurité l'âge du poisson examiné. Enfin, malgré toutes ces difficultés, cette méthode nous a semblé au moins aussi sûre que les autres citées plus haut : nous avons pu en effet donner une vérification nouvelle de la validité de cette méthode.

La plupart des auteurs qui ont utilisé les coupes du premier rayon de la pectorale pour la détermination de l'âge des esturgeons ont déjà apporté des éléments de justification de cette méthode. Holzmayer (1924), un des promoteurs de cette méthode, a utilisé un matériel provenant d'un élevage artificiel : l'âge des esturgeons était connu et le contrôle des résultats était donc immédiat. D'autres auteurs en ont donné des justifications indirectes : parallélisme entre la croissance déterminée sur chaque individu en particulier d'après l'espacement des zones de croissance et la croissance moyenne de tous les individus pris aux différents âges (Classen, 1944), parallélisme de la courbe de pourcentage des captures suivant la longueur et de la courbe de pourcentage des poissons suivant l'âge (Probst et Cooper, 1955).

Il y avait à faire encore la vérification directe sur les poissons vivant dans la nature et Cuerrier (1951) après d'Ancona (1924) préconisait déjà le marquage des esturgeons. De nombreux marquages ont été réalisés à Québec par le département des pêcheries sur des *Acipenser oxyrhynchus* et *fulvescens* du Saint-Laurent et de nombreuses recaptures ont été effectuées après des laps de temps variables allant jusqu'à 14 ans (Magnin et Beaulieu 1960). Nous verrons, dans les études de la croissance de ces deux esturgeons, que les données du marquage viennent pleinement confirmer les résultats que nous avions obtenus par la méthode des coupes dans le premier rayon de la nageoire pectorale.

B. Expression de la longueur, du poids et de l'age.

La longueur désignée ici sera toujours, sauf indication contraire, la longueur totale exprimée en centimètres. Nous avons justifié ce choix plus haut. Les

équations de la longueur à la fourche en fonction de la longueur totale permettront de passer facilement d'une longueur à l'autre si cela était nécessaire pour des comparaisons éventuelles.

Le poids donné est aussi le poids total, le seul qui semble avoir un intérêt réel bien que certains auteurs donnent parfois les poids de poissons vidés. Ce poids est exprimé en grammes et le plus souvent en kilogrammes. Nous avons utilisé les poids réellement déterminés sur les poissons mais aussi les poids déduits de la longueur à partir des équations établies plus haut entre ces deux mesures.

Pour l'expression de l'âge, il y a souvent ambiguïté. Pour remédier à cela, Hile (1948) propose les conventions suivantes qui seront adoptées dans cette étude. On désigne par le chiffre 0 la classe d'âge d'un poisson dans sa première année c'est-à-dire dans l'année de son éclosion jusqu'au 31 décembre. Du 1er janvier au 31 décembre de l'année suivante, le poisson sera donc dans la classe I. Le choix des années légales allant du 1er janvier au 31 décembre pour l'expression de l'âge est valable seulement pour les poissons vivant dans l'hémisphère nord. Comme l'éclosion a lieu en général au printemps et que la plupart des captures que nous avons faites se font en général à la même période les chiffres I, II, indiquent donc bien l'âge réel du poisson.

Nous préférons cette dernière convention à celle que nous avions employée précédemment (Magnin, 1959) à la suite principalement de Classen (1944) et d'Ancona (1923-1924). Ces auteurs désignent par 0 la classe d'âge des esturgeons possédant une zone de croissance hivernale et par I, II,... les classes d'âge des esturgeons possédant 2,3,... zones de croissance hivernale. D'après cette dernière convention un poisson de classe I capturé au printemps aurait en fait 2 ans.

C. Utilisation des coupes de rayons de nageoire pour l'étude de la croissance.

Le nombre de zones hivernales observées sur une coupe de rayon de nageoire pectorale nous donnera donc la classe d'âge du poisson examiné. Nous possédons d'autre part la longueur de ce spécimen. Ces deux données peuvent être utilisées de deux manières différentes en vue de préciser la croissance en longueur de l'ensemble de la population.

Une première méthode est basée sur le postulat de la proportionnalité entre la croissance des formations osseuses et la croissance en longueur du poisson (Dahl, 1909, 1910; Lea, 1910). L'espacement entre les zones de croissances hivernales donnera, par simple règle de trois, la taille des poissons durant les années qui ont précédé la capture. Cette méthode, même avec les correctifs apportés par divers auteurs, nous a semblé difficile à appliquer aux esturgeons : ces poissons deviennent très âgés, les zones de croissance des formations osseuses sont de plus en plus serrées les unes contre les autres et la distance entre deux zones successives est alors difficile à déterminer avec précision.

Nous avons préféré la deuxième méthode qui consiste à calculer, pour chaque classe d'âge, la moyenne des longueurs des spécimens qui la composent. Pour

préciser la valeur de cette moyenne, nous avons étudié de façon statistique l'amplitude des fluctuations autour de cette longueur-moyenne. L'ensemble de ces résultats donne évidemment une notion déjà très sûre de la croissance des esturgeons examinés. Nous avons cependant pensé qu'une étude mathématique de cette croissance pouvait amener des précisions utiles.

D. Expression mathématique de la croissance.

L'expression mathématique de la croissance présente un triple intérêt (Ricker, 1958).

Elle permet l'interpolation ou l'extrapolation;

Elle peut éclairer la physiologie de la croissance;

Elle peut être utilisée pour les calculs de production.

On distingue chez les poissons deux périodes dans la croissance : une période croissance rapide généralement courte, suivie d'une période de croissance de plus en plus lente s'étendant jusqu'à la mort. Durant cette dernière période, le taux de croissance tend généralement vers une asymptote. Graphiquement cette croissance se traduit par une courbe en S.

Pour l'étude mathématique on étudie en général séparément les deux portions de la courbe : avant et après le point d'inflexion. Les équations sont de la forme (Brody, 1927, 1945) :

$$L_t = A\, e^{K't} \qquad (1)$$

pour la portion de la courbe à pente croissante, c'est-à-dire pour la période embryonnaire et la période juvénile;

$$L_t = B - C\, e^{-Kt} \qquad (2)$$

pour la portion de courbe à pente décroissante.

L_t exprime la longueur au temps t; A, B et C sont des constantes; K et K' sont les taux de croissance spécifiques.

C'est la seconde période de la croissance qui nous intéressera ici. La formule (2) est souvent utilisée sous la forme donnée par Von Bertalanffy (1933, 1938) :

$$L_t = L_\infty\, [1 - e^{-K\,(t - t_0)}] \qquad (3)$$

Quant t tend vers l'infini L_t tend vers L_∞, c'est-à-dire vers la longueur maximum ou asymptotique du poisson. Le temps t_0 est le temps hypothétique au moment où le poisson aurait la longueur O s'il suivait exactement l'équation théorique (3). En d'autres termes, l'origine du temps n'est plus l'éclosion du poisson mais ce temps hypothétique. K est alors appelé coefficient de catabolisme.

La formule (2) a aussi été utilisée sous une autre forme en prenant $t + 1$ au lieu de t, et en soustrayant le résultat de l'équation (3)

$$L_{t+1} = L_\infty\, (1 - e^{-K}) + e^{-K}\, L_t \qquad (4)$$

La longueur L_{t+1} est fonction linéaire de la longueur L_t. Connaissant la pente de la droite e^{-K} on peut calculer K. L'ordonnée à l'origine $L_\infty\, (1 - e^{-K})$ permet de calculer L_∞.

On aurait ainsi toutes les données pour exprimer l'équation de la longueur en fonction du temps. Malheureusement, cette dernière méthode graphique de WALFORD (1946) est délicate à utiliser : les valeurs de L_t et de L_{t+1} sont sujettes aux erreurs d'échantillonnage et il est difficile de tracer la droite avec sécurité. D'autre part les deux valeurs extrêmes ne sont prises qu'une seule fois alors que les valeurs intermédiaires sont prises deux fois. Pour un meilleur tracé, la valeur approchée L_∞ obtenue à partir des courbes de WALFORD peut être utilisée comme valeur d'essai dans une expression dérivée de (3) en prenant les logarithmes

$$\log_e (L_\infty - L_t) = -Kt + Kt_o + \log_e L_\infty \qquad (5)$$

Ainsi $\log_e (L_\infty - L_t)$ est une droite, les irrégularités ne proviennent que de mauvaises valeurs données à L_∞. Quelques essais de tracés permettent de choisir la meilleure valeur de L_∞. On obtiendra aussi facilement t_0 puisque l'ordonnée à l'origine de cette droite sera égale à $\log_e L_\infty + Kt_0$: On peut calculer aussi t_0 à partir de la formule (5) ci-cessous :

$$t_o = t + \frac{l}{K}\left[\log_e (L_\infty - L_t) - \log_e L_\infty\right] \qquad (6)$$

1. Croissance de l'*Acipenser sturio* de la Gironde

La croissance de l'*Acipenser sturio* a été étudiée en divers lieux par différents auteurs utilisant des techniques variées : D'ANCONA (1923, 1924, 1936) a déterminé l'âge des esturgeons du Tibre sur des sections de boucliers osseux ; MARTI (1939), CLASSEN (1944) et PACCAGNELLA (1938) ont étudié respectivement la croissance des esturgeons de la mer Noire, du Guadalquivir et du Pô en utilisant la technique des coupes dans le 1er rayon de la nageoire pectorale. Il faut citer aussi les premiers essais de détermination de l'âge d'après les fréquences des longueurs de EHREMBAUM (1923) sur les esturgeons de l'Elbe et de l'Eider et de ROULE (1922) sur les esturgeons de la Gironde. Nous avions déjà nous-même présenté une première étude de la croissance des esturgeons de la Gironde (MAGNIN, 1959 *a*).

Matériel.

Notre première étude ne portait que sur 76 spécimens. Elle nous a permis de donner une première approximation de la croissance de l'esturgeon de la Gironde, mais, étant donné le nombre réduit d'échantillons, il était difficile d'élucider les divers facteurs pouvant influencer la croissance. Pour l'étude présente, nous disposions de plus de 300 spécimens : après élimination des coupes douteuses, il nous restait encore un matériel assez important pour préciser la croissance de l'esturgeon girondin.

L'ensemble de nos résultats est résumé dans le tableau 24. Pour chaque classe d'âge nous avons donné la moyenne et les valeurs extrêmes effectivement mesurées de la longueur totale, de la longueur à la fourche et du poids.

TABLEAU 24

Age	Longueur totale en cm			Longueur à la fourche en cm			Poids en kg		
	N	Moy.	Extrêmes	N	Moy.	Extrêmes	N	Moy.	Extrêmes
II	12	38,7	34– 45				13	0,2	0,15– 0,25
III.....	4	47	45– 50				4	0,4	0,37– 0,48
IV.....	13	60,8	50– 69	10	55,4	47– 62	4	0,9	0,5 – 1,4
V.....	34	67,7	57– 76	32	60,8	56– 67	19	1,4	0,8 – 2
VI.....	15	75,1	67– 87	13	68,2	61– 79	11	1,9	1,3 – 3,3
VII	13	84,5	71– 97	12	75,3	64– 88	11	3	1,5 – 4,9
VIII	18	94,2	83–107	16	84,4	74– 93	15	4,3	2,8 – 6
IX.....	9	101,3	85–111	6	88	77–101	9	5,2	2,7 – 8
X	14	108,4	100–127	12	97,1	89–104	10	6,5	5 – 9
XI.....	15	117,4	96–145	15	105,2	85–130	11	8,1	3,5 –10
XII.....	8	128,6	117–147	7	116,1	106–132	6	11,1	8 –17
XIII.....	6	132,2	121–153	6	118,8	108–140	5	12,4	9 –21
XIV	7	145,4	137–151	5	132,7	122–138	4	17,2	13 –23
XV	2	150,0	149–151	3	137,2	134–141	2	19,5	16 –23
XVI	3	150,3	148–153	1	137		1	16	
XVII.....	4	162,5	140–181	6	158,8	125–182	5	28,6	15 –47
XVIII	7	166,0	157–177	5	151,1	140–158	5	24,6	23 –26
XIX.....	5	173,2	158–188	3	162,7	145–178	3	25,6	21 –34
XX.....	8	183,7	170–208	7	171	157–193	3	34	28 –41
XXI.....	6	179,5	163–200	4	164,5	149–180	3	29,6	26 –34
XXII.....	11	183,9	169–193	8	168,9	155–179	8	32	12 –40
XXIII. ...	8	190,3	181–203	4	174,5	169–186	4	39,5	35 –44
XXIV	12	201,1	185–215	10	183,3	172–195	8	44	31 –58
XXV.....	12	197,6	188–211	6	179,2	175–189	8	43,2	40 –56
XXVI	5	200,6	194–210	4	181,1	180–182	4	44,5	43 –47
XXVII ...	6	201,7	190–216	3	185,5	184–188	4	49	40 –56
XXVIII...	8	207	179–222	5	189	169–205	5	54,6	30 –73
XIX.....	7	214,9	202–226	3	192,2	184–200	5	53	45 –60
XXX.....	2	220,5	220–221	2	201	200–202	2	69,5	64 –75
XXXII ...	4	214	208–220	2	194,5	189–200	2	53	50 –56
XXXIII...	2	222,5	220–225	3	201,7	194–208	2	63	55 –71
XXXV....	1	225		1	210		1	76	
XXXVI...	1	226		1	207		1	60	
XL.....	1	243		1	223,5		1	89	
XLII.....	1	255		1	233				

Croissance en longueur totale, longueur à la fourche
et en poids des *Acipenser sturio* de la Gironde
d'après les mesures effectivement réalisées sur chaque spécimen

Croissance en longueur.

Nous examinerons tout d'abord l'amplitude et les causes des variations individuelles. L'établissement d'une équation de croissance nous aidera à préciser la croissance des individus âgés. Nous pourrons alors décrire le déroulement de la croissance des esturgeons girondins depuis l'année de l'éclosion jusqu'à la fin de la vie. Nous essayerons ensuite de voir s'il y a une différence entre les mâles et les femelles. Nous comparerons enfin la croissance des esturgeons de la Gironde avec celle des *Acipenser sturio* de diverses régions.

Une première observation s'impose à l'examen de ce tableau 24 : c'est la grande *variabilité* individuelle de la croissance. Il y a de grandes différences de taille chez les esturgeons du même âge. Avant de tirer des conclusions des moyennes obtenues, il faut examiner de plus près ces fluctuations individuelles : leur importance statistique et, si possible, leurs causes.

TABLEAU 25

N : nombre de spécimens d'*Ascipenser sturio*.

Age	N	L_m en cm	σ_m	s_m	IC	95 %
II	12	38,66	2,59	0,78	36,94	40,38
III	4	47,00	1,87	1,08	43,56	50,43
IV	13	60,84	6,46	1,80	56,92	64,76
V	34	67,70	5,8	1,01	65,65	69,75
VI	15	75,13	6,13	1,60	71,71	78,55
VII	13	84,46	2,69	0,77	82,78	86,14
VIII	18	94,22	6,49	1,57	90,90	97,53
IX	9	101,33	9,65	3,4	93,48	109,18
X	14	108,42	7,96	2,21	103,65	113,19
XI	15	117,40	10,86	2,9	111,17	123,635
XII	8	128,62	9,79	3,7	120,07	137,17
XIII	6	132,18	10,14	4,54	120,49	143,83
XIV	7	145,42	5,49	2,25	139,91	150,93
XV	2	150,00	1	1	137,29	162,71
XVI	3	150,33	3,79	2,6	139,15	161,15
XVII	4	162,50	14,6	8,4	135,79	189,21
XVIII	7	166,00	6,7	2,7	159,38	172,61
XIX	5	173,20	10,4	5,2	158,80	187,60
XX	8	183,75	10,93	4,14	174,19	193,31
XXI	6	179,50	11,90	5,30	165,88	193,12
XXII	11	183,90	7,09	2,24	178,91	188,89
XXIII	8	190,25	7,68	2,92	183,33	197,17
XXIV	12	201,08	31,61	3,01	194,46	207,70
XXV	12	197,58	9,22	2,8	194,92	203,74
XXVI	5	200,60	5,33	2,66	193,23	207,97
XXVII	6	201,66	9,44	4,20	190,87	212,45
XXVIII	8	207,00	14.85	5,60	193,73	220,27
XXIX	7	214,85	8,84	3,60	206,03	223,67
XXXII	4	214,00	4,24	2,44	206,24	221,76

Calcul pour chaque classe d'âge de la longueur moyenne L_m de l'écart-type σ_m, de l'erreur standard s_m et de l'intervalle de confiance de ces moyennes avec un coefficient de sécurité de 95 % (IC 95 %)

Nous avons tout d'abord calculé pour chaque classe les limites des intervalles de confiance de ces longueurs moyennes pour un coefficient de sécurité de 95 % : le nombre de spécimens étant réduit nous avons utilisé la table de fréquence dite du *t* de Student. Les résultats de ces calculs ont été reportés sur le tableau 25 et la figure 32. On s'aperçoit que ces intervalles chevauchent

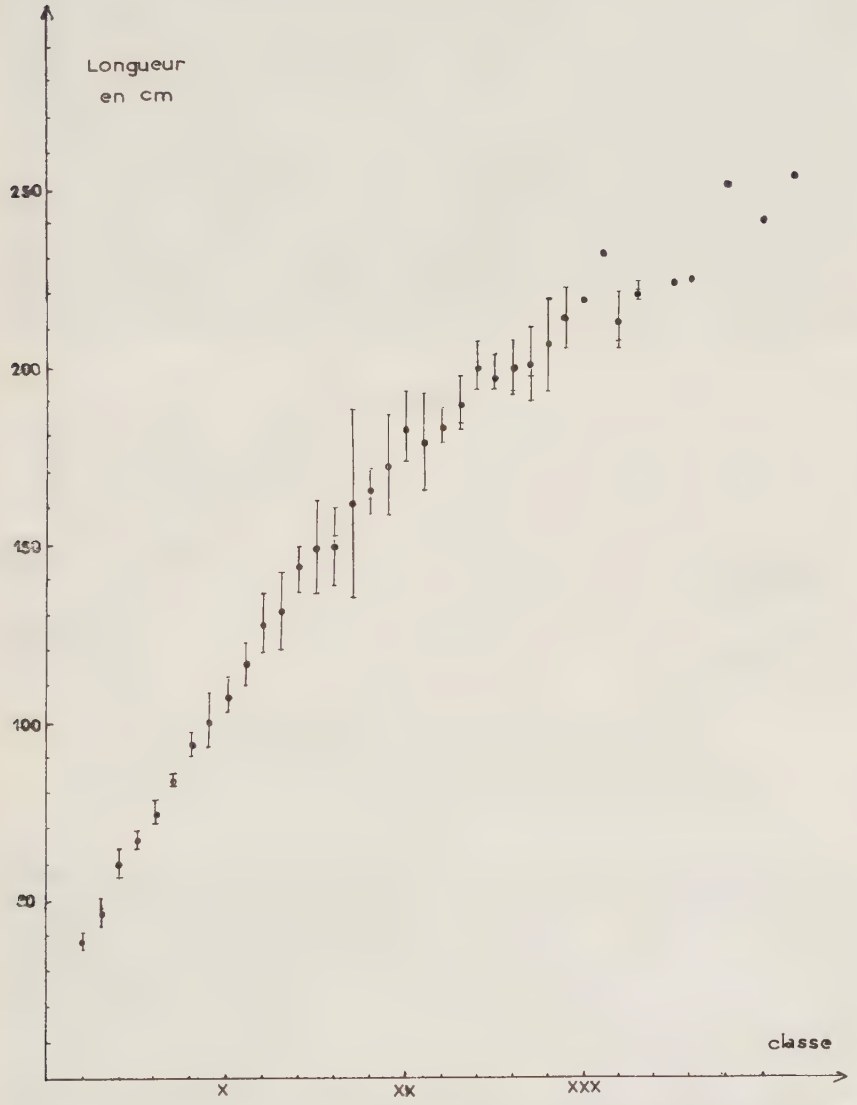


Fig. 32. — Croissance en longueur des *Acipenser sturio* de la Gironde. Les points noirs correspondent aux moyennes des longueurs déterminées pour chaque classe d'âge; les traits pleins de part et d'autre de ces points indiquent l'intervalle de confiance pour un coefficient de sécurité de 95 %.

très largement les uns sur les autres : les fluctuations observées ne sont donc pas simplement dues à des cas aberrants mais semblent bien caractéristiques de l'espèce.

Les causes de ces variations sont difficiles à déceler. On pourrait penser tout d'abord qu'elles sont dues à des erreurs dans la détermination de l'âge mais cette cause d'erreur a été en grande partie écartée par le fait que l'on a éliminé toutes les coupes de rayons de nageoires pour lesquelles la lecture était trop incertaine. Les variations pourraient aussi être dues au fait que les spécimens ont été capturés en diverses périodes de l'année. Ce fait ne nous semble cependant pas jouer un rôle important : d'une part, en effet, la grande majorité des spécimens a été recueillie au printemps; d'autre part, les différences observées entre les esturgeons de même âge capturés à des périodes différentes sont peu significatives (tableau 26) : les valeurs extrêmes de la longueur pour les différentes classes d'âge sont sensiblement les mêmes en hiver qu'en été. Ces grandes variations individuelles ne sont probablement qu'un cas particulier de la grande variabilité phénotypique que présentent les individus de cette famille et dont nous avons déjà parlé plus haut dans l'étude systématique.

TABLEAU 26

Classe d'âge	IV	V	VI	VII	X	XI
Janvier-mars ..... (Ile d'Oléron).	52–63	61–75	67–87	71–97	100–115	95–121
Juillet-août..... (Les Callonges).	51–64	62–66	69–77	75–87	113,5	126–129

Comparaison de la longueur aux différents âges
des esturgeons *Acipenser sturio* capturés en hiver et en été

Quelles que soient les causes, les faits restent et l'étude de la croissance moyenne des esturgeons ne pourra se faire de façon sûre que sur un nombre important d'échantillons. Or les tableaux 24 et 25 montrent que jusqu'à l'âge de 30 ans nous avons un nombre relativement valable de spécimens. Pour les poissons plus âgés, les observations sont plus rares : nous avons pensé que l'établissement d'une *équation mathématique* permettrait de préciser leur croissance en longueur.

L'équation théorique de la croissance en longueur établie suivant la méthode expliquée plus haut est de la forme :

$$L = 350\,[1 - e^{-0,03(t+3,43)}]$$

chez *Acipenser sturio*. Elle est représentée graphiquement dans la figure 33. La courbe correspond aux valeurs expérimentales pour les longueurs supérieures à 15 ans : il semble donc qu'à partir de cet âge l'équation théorique décrive bien la croissance moyenne de l'esturgeon de la Gironde. D'après cette équation, la longueur tendrait asymptotiquement vers 350 cm : il ne semble pas que l'on ait jamais signalé de captures d'*Acipenser sturio* supérieures à cette taille.

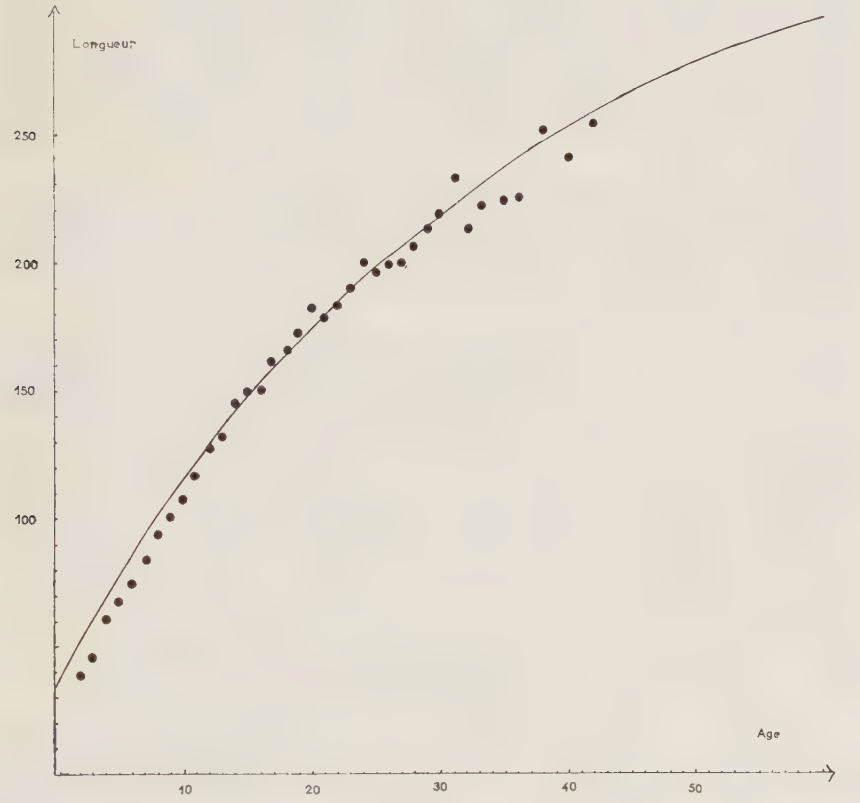


Fig. 33. — Croissance en longueur totale de l'*Acipenser sturio* de la Gironde. Les points noirs correspondent aux moyennes des longueurs mesurées pour chaque classe d'âge. On a tracé la courbe représentative de l'équation théorique :

$$L = 350\ [1 - e^{-0.03\ (t + 3.43)}]$$

Un dernier point reste à préciser : c'est la croissance *l'année de l'éclosion* et l'année suivante. Nos observations partent en effet de la classe II. Il faut nous baser pour cela sur les observations de très jeunes spécimens décrits par Roule (1922). Cet auteur signale en effet des esturgeons de 10 cm pris le 7 juillet, de 12 cm pris le 14 juillet, de 16 cm pris le 24 juillet et de 20 cm pris le 10 août. Cette augmentation de taille n'est évidemment pas à mettre en

rapport avec les différentes dates de capture comme le fait ROULE car l'éclosion de ces spécimens a pu se faire à des dates différentes. Ces données nous permettent tout au plus de penser que ces alevins de l'année peuvent atteindre à la fin de l'été une vingtaine de centimètres et qu'ils pourraient avoir 25 à 30 cm au printemps suivant.

Nous pouvons décrire maintenant la suite du DÉROULEMENT DE LA CROISSANCE et les variations de la croissance au cours de la vie en ayant toujours présent à la mémoire cependant que cette description ne donne qu'une valeur moyenne autour de laquelle les variations individuelles peuvent être très grandes. C'est pourquoi les facteurs pouvant affecter cette croissance : changement de milieu au cours de déplacements, maturité sexuelle... risquent d'être bien estompés du fait de ces grandes fluctuations individuelles. Nous allons cependant essayer de déceler ces influences en suivant la croissance de ce poisson.

Si la croissance est importante l'année de l'éclosion, elle semble se ralentir un peu les deux années suivantes. Mais brusquement entre 3 et 4 ans il y a de nouveau une plus forte augmentation de taille. Cela pourra correspondre à la pénétration du jeune esturgeon en mer, point que nous préciserons plus loin (chap. II).

Après cette première crise de croissance, la courbe prend une forme linéaire jusque vers 15 ans, âge auquel le poisson atteint environ 150 cm. C'est aussi à cette taille et à cet âge que la courbe théorique commence à correspondre avec les valeurs réelles. Il y a donc vers cette période un changement dans le métabolisme probablement en rapport avec la maturité sexuelle : c'est la période de maturité ou de puberté comme nous le verrons plus loin (chap. V).

Après la maturité sexuelle la taille continue à augmenter, bien que de plus en plus faiblement jusqu'à la mort, comme chez la plupart des poissons. Durant cette période nous avons déjà dit plus haut que l'équation théorique de la croissance pouvait subvenir au manque d'observations. On peut donc schématiser ainsi la croissance durant cette période : l'esturgeon de la Gironde aurait 175 cm à 20 ans, 220 cm à 30 ans, 255 cm à 40 ans, 280 cm à 50 ans et 295 cm à 60 ans, la longueur tendant asymptotiquement vers 350 cm.

Nous n'avons pas fait de distinction dans l'étude précédente entre les *mâles et les femelles*. CLASSEN (1944) pense que les femelles grandissent plus vite tout en reconnaissant cependant que le nombre de ses observations est trop réduit pour résoudre ce problème.

Nous avons aussi essayé d'examiner cette question et le tableau III donne la croissance comparée des mâles et des femelles de l'esturgeon de la Gironde. L'examen rapide de ce tableau semblerait démontrer le contraire de ce qui a été établi par CLASSEN sur les esturgeons du Guadalquivir. En effet, les mâles ont une taille moyenne :

— supérieure à celle des femelles dans 10 classes : IV, V, VI, VII, VIII, XI, XII, XIV, XXIII, XX;

— égale à celle des femelles dans une classe : XV;

— inférieure à celles des femelles dans 6 classes : X, XIII, XIX, XXI, XXII, XVIII.

TABLEAU 27

Classe	Mâles			Femelles		
	N	Moyenne	Extrêmes	N	Moyenne	Extrêmes
IV	2	62,5	62– 63	7	62,14	54– 69
V	11	68,63	61– 76	16	67,93	62– 74
VI	5	74,8	70– 77	7	73,85	69– 86
VII	3	85	78– 95	10	84,1	71– 97
VIII	6	97,16	90–108	8	93	90–100
IX				6	102,33	88–111
X	6	106,83	100–115	6	108,16	100–114
XI	8	119,12	109–129	8	117,75	96–145
XII	5	130,80	117–147	2	124,5	121–128
XIII	4	129,5	121–134	1	153	
XIV	4	146	137–151	1	140	
XV	2	149	147–151	1	149	
XVI	3	150,33	148–153			
XVII	4	162,5	140–181			
XVIII	5	166,6	153–177	1	165	
XIX	2	165	158–172	1	175	
XX	1	179		2	175,5	170–181
XXI	2	171,5	163–180	3	188,66	181–200
XXII	3	179,66	169–185	9	180,88	127–195
XXVIII	1	184		5	207,20	185–222

Croissance en longueur dans les deux sexes d'*Acipenser sturio* de la Gironde

En fait, ces différences de taille n'ont aucune valeur significative. Il nous semble donc plus exact de conclure que le sexe n'a aucune influence sur la croissance des *Acipenser sturio*, que les mâles et les femelles ont une croissance identique.

Il nous reste à comparer la croissance de l'esturgeon de la Gironde avec la croissance des esturgeons de la même espèce vivant dans *d'autres milieux* : le Tibre et le Pô en Italie d'après les données de d'Ancona (1926) et Paccagnella (1948), du Guadalquivir en Espagne d'après les données de Classen (1944) et du fleuve Rion tributaire de la mer Noire par Marti (1939). Nous avions déjà établi que les esturgeons italiens avaient une croissance plus rapide que les esturgeons du Guadalquivir qui eux-mêmes grandissaient plus vite que les esturgeons de la Gironde (Magnin, 1959 *a*). Les résultats obtenus dans cette étude ne viennent que confirmer ces conclusions. Enfin, comme les

Acipenser sturio de la mer Noire ont une croissance identique à ceux d'Italie, la comparaison est immédiate. Il semble que la température soit le principal facteur de ces différences.

Croissance en poids.

Le tableau 24 donne, pour chaque classe d'âge, le poids moyen des esturgeons et les extrêmes observés. Ces valeurs ont été reportées dans le graphique des figures 34 et 35. On s'aperçoit immédiatement que les fluctuations des

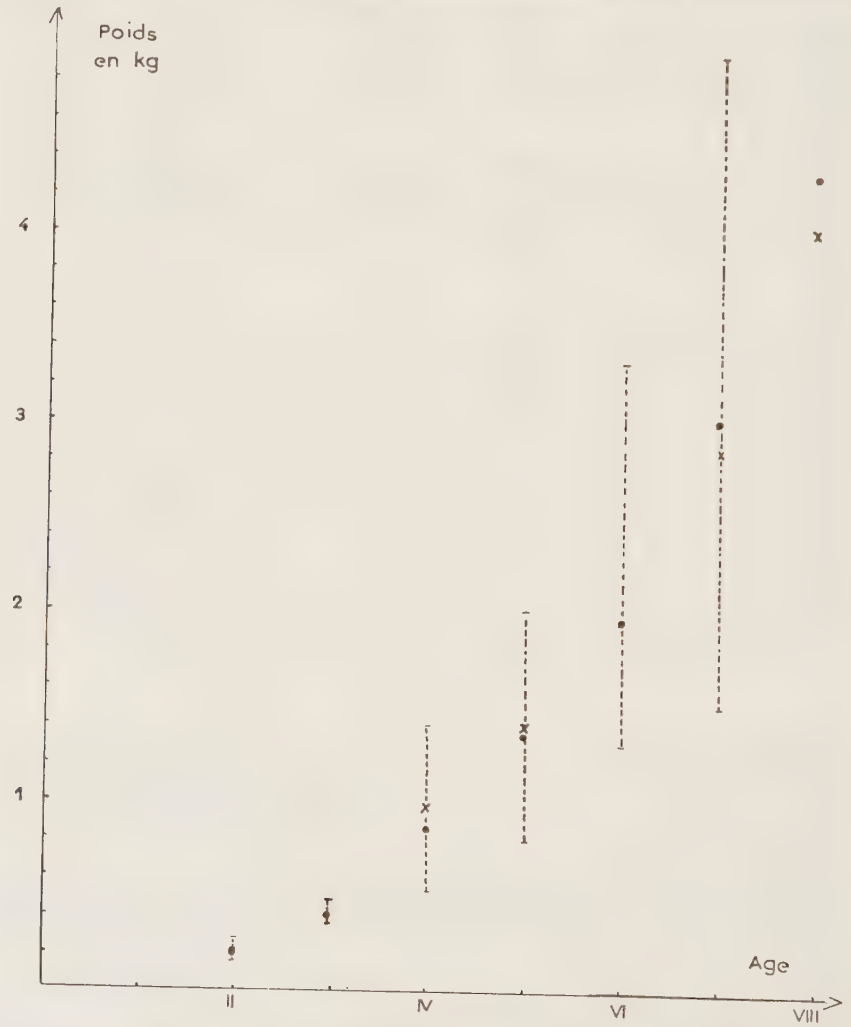


FIG. 34. — Croissance en poids de l'*Acipenser sturio* de la Gironde jusqu'à la classe VIII. Les points correspondent aux moyennes des poids aux différents âges mesurés directement. Les croix correspondent aux poids déduits des longueurs à partir de la formule :

$$P = 1{,}949 . 10^{-3} L^{3\,199}$$

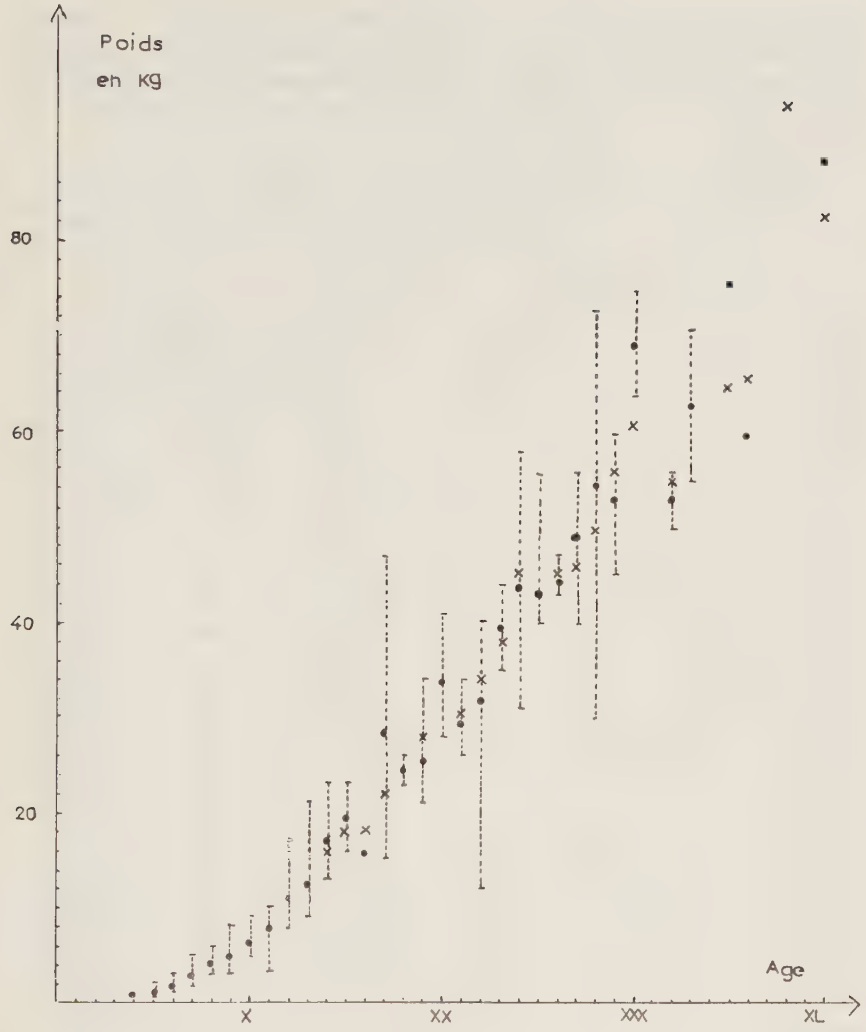


Fig. 35. — Croissance en poids de l'*Acipenser sturio* de la Gironde jusqu'à la classe XL. Les points correspondent aux moyennes des poids aux différents âges mesurés directement. Les croix correspondent aux poids déduits des longueurs à partir de la formule :

$$P = 1{,}949.10^{-3}\ L^{3\,199}$$

poids autour de la moyenne sont encore plus grandes que les fluctuations des longueurs. Il sera donc plus difficile de se faire une idée précise de la croissance en poids que de la croissance en longueur, d'autant plus que le nombre de spécimens dont nous possédions le poids est inférieur au nombre de spécimens dont nous connaissions la longueur.

TABLEAU 28

Les longueurs utilisées dans ce calcul sont les moyennes des longueurs déterminées expérimentalement pour chaque classe d'âge sauf pour la longueur des classes L et LX extrapolées à partir de l'équation théorique de la croissance en longueur.

Age	Poids déterminés			Poids calculés
	N	Moyennes	Extrêmes	
II	13	0,200	0,16– 0,26	0,233
III	4	0,410	0,37– 0,48	0,434
IV	4	0,860	0,54– 1,40	0,992
V	19	1,350	0,80– 2	1,396
VI	11	1,950	1,30– 3,30	1,948
VII	11	3,000	1,50– 4,90	2,832
VIII	15	4,280	2,80– 6	4,018
IX	9	5,200	2,70– 8	5,071
X	10	6,530	5 – 9	6,298
XI	11	8,100	3,50–10	8,126
XII	6	11,100	8 –17	10,879
XIII	5	12,400	9 –21	11,866
XIV	4	17,200	13 –23	15,743
XV	2	19,500	16 –23	17,794
XVI	1	16,000		17,912
XVII	5	28,600	15 –47	22,975
XVIII	5	24,600	23 –26	24,605
XIX	3	25,600	21 –34	28,176
XX	3	34,000	28 –41	34,048
XXI	3	29,600	26 –34	31,607
XXII	8	32,000	12 –40	34,148
XXIII	4	39,500	35 –44	38,054
XXIV	8	44,000	31 –58	45,446
XXV	8	43,200	40 –56	45,849
XXVI	4	44,500	43 –47	45,079
XXVII	4	49,000	40 –56	42,940
XXVIII	5	54,600	30 –73	49,829
XXIX	5	53,000	45 –60	56,144
XXX	2	69,500	64 –75	61,018
XXXI				73,789
XXXII	2	53,000	50 –5	55,445
XXXIII	2	63,000	55 –71	62,796
XXXV	1	76,000		65,104
XXXVI	1	60,000		66,021
XL	1	89,000		83,263
XLII				96,102
L				130,970
LX				165,000

Comparaison entre les poids déterminés directement et les poids déduits de la longueur à partir de l'équation :

$$P = 1{,}945 . 10^{-3} L^{3{,}199}$$

Aussi cette étude de la croissance en poids ne se basera pas simplement sur ces données réellement observées. Nous déduirons la croissance en poids de la croissance en longueur en utilisant l'équation établie plus haut entre le poids et la longueur chez *Acipenser sturio* de la Gironde :

$$P = 1949 . 10^{-3} \ L^{3,199}$$

Comme données de la longueur nous pourrons d'ailleurs utiliser les valeurs observées réellement ou les valeurs déduites de l'équation théorique :

$$L = 350 \ [1 - e^{-0,03 \ (t+3,43)}]$$

établie ci-dessus et dont nous avons démontré l'intérêt pour les esturgeons âgés. Ces calculs sont portés dans le tableau 28 et les graphiques des figures 34 et 35.

Il nous est possible à partir de ces données de nous faire une idée de la croissance moyenne en poids de l'esturgeon de la Gironde.

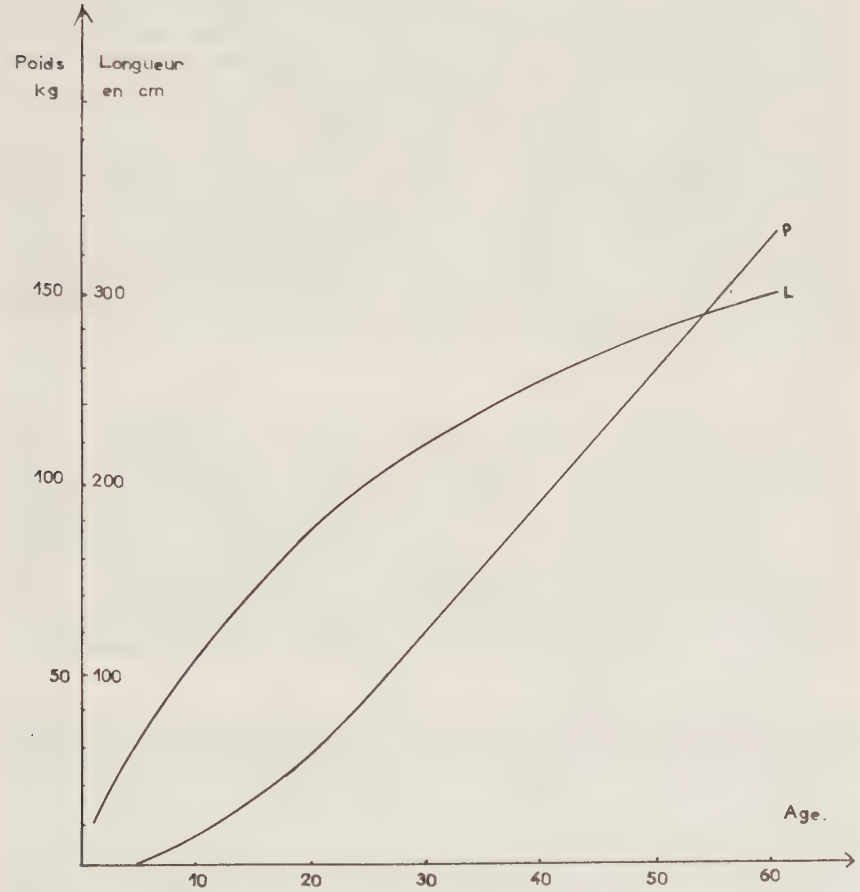


Fig. 36. — Courbes schématisant la croissance en longueur et en poids de l'*Acipenser sturio* de la Gironde.

On peut schématiser ainsi les poids aux différents âges : 1,200 kg à 5 ans, 6,500 kg à 10 ans, 30 kg à 20 ans, 60 kg à 30 ans, 96 kg à 40 ans, 130 kg à 50 ans et 165 kg à 60 ans.

Du fait des grandes fluctuations individuelles et du nombre réduit de spécimens, il nous est impossible de déceler sur ce matériel les variations de croissance en poids au cours de la vie. Il est évident qu'en déduisant le poids de la longueur nous retrouverons les variations établies plus haut pour la croissance en longueur; cela ne présente aucun intérêt nouveau.

La figure 36 donne les courbes schématiques de la croissance en longueur et en poids de l'*Acipenser sturio* de la Gironde.

2. Croissance de l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent

Greeley (1937) est le seul auteur qui ait étudié la croissance de l'espèce *Acipenser oxyrhynchus :* son étude, basée sur les déterminations de l'âge par les otolithes, porte sur les esturgeons de la rivière Hudson aux États-Unis. Nous verrons plus loin que ses conclusions ne sont valables que pour les jeunes spécimens. On peut donc dire que la croissance de l'esturgeon migrateur des côtes américaines de l'Atlantique est pratiquement inconnue.

De nombreux marquages ont été effectués par le Centre biologique du département des pêcheries de Québec. Ces données ont permis de vérifier la valeur de notre méthode de détermination de l'âge et des déductions que nous en avons tirées quant à la croissance de ce poisson. Aussi, après avoir étudié, comme pour l'*Acipenser sturio,* la croissance en longueur et en poids déduite de l'étude des rayons de pectorales, nous comparerons ensuite ces résultats avec les données du marquage.

Matériel.

Le Centre biologique du département des pêcheries de Québec a mis à notre disposition 533 rayons de nageoires pectorales d'*Acipenser oxyrhynchus* avec les indications de longueur et parfois de poids des spécimens sur lesquels ils ont été prélevés. Nous avons observé personnellement 146 individus. Sur ce nombre total de 679 échantillons, nous avons éliminé ceux chez qui la lecture de l'âge était trop incertaine, ce qui ramène le nombre de rayons de nageoires effectivement utilisés à 585. Il faut ajouter que pour de très jeunes spécimens, nous avons vérifié l'âge sur les otolithes fournis eux aussi par le Centre biologique de Québec.

Le tableau 29 résume l'ensemble des résultats obtenus à partir de ce matériel. Pour chaque classe d'âge nous avons reporté les moyennes des longueurs et des poids ainsi que les valeurs extrêmes de ces mesures.

Croissance en longueur.

La croissance d'*Acipenser oxyrhynchus* présente aussi de grandes variations individuelles. Nous remarquons en effet, que pour chaque classe d'âge, les longueurs mesurées peuvent être très éloignées de la longueur moyenne. Il

TABLEAU 29

Les longueurs sont exprimées en centimètres et les poids en kilogrammes

N : nombre de spécimens

Age	Longueur totale			Longueur à la fourche			Poids		
	N	Moyenne	Extrêmes	N	Moyenne	Extrêmes	N	Moyenne	Extrêmes
I.....	28	22	19 25	28	19	17– 22	12	0,029	0,02– 0,05
II.....	17	28	23– 31	17	24	21– 27	6	0,068	0,05– 0,09
III....	26	35	30– 44	25	31	26– 37	15	0,134	0,09– 0,19
IV....	54	42	35– 53	54	37	31– 48	7	0,315	0,16– 0,44
V.....	75	49	38– 60	74	43	34– 53	27	0,427	0,18– 0,61
VI....	60	58	45– 73	61	51	40– 63	23	0,700	0,40– 1,30
VII...	48	66	58– 84	47	58	50– 72	16	1,050	0,80– 2,10
VIII...	25	75	62– 91	25	66	55– 79	11	1,750	1 – 2,70
IX....	34	87	72–101	34	76	60– 92	26	2,600	1,10– 4,10
X.....	49	90	76–104	50	80	66– 88	45	3,100	1,40– 4,10
XI....	58	98	83–120	57	86	74–103	56	4,500	2,40– 6,80
XII...	33	105	93–118	33	91	81–102	33	5,200	3,40– 7,50
XIII...	29	109	92–125	29	96	86–108	28	5,800	3,70– 9,10
XIV...	14	115	101–125	14	101	90–116	14	6,900	3,40– 9,50
XV...	9	120	100–130	9	105	92–120	9	7,600	6,50–11,60
XVI...	11	122	110–139	11	107	91–119	9	8,900	6,40–13,60
XVII..	3	133	123–142	3	115	108–123	3	10,300	8 –12,90
XVIII.	6	139	120–154	6	122	105–136	6	13,100	6,80–19,50
XIX...	1	152		1	133		2	18,900	14,30–23,60
XX...	1	162		1	143		1	21,800	
XXI...	1	176		1	154		1	30,500	
XXIV.	1	202					1	31,800	
XLVI..	1	260					1	150	
LX....	1	267					1	160	

Croissance en longueur totale, en longueur à la fourche et en poids de l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent d'après les mesures effectivement réalisées sur chaque spécimen

faut donc d'abord préciser la valeur de cette moyenne. Nous avons calculé pour cela les limites de l'intervalle de confiance de chaque longueur moyenne pour un coefficient de sécurité de 95 %. Les résultats de ces calculs sont reportés dans le tableau 30 et la figure 37.

Ches les jeunes individus de 1 à 14 ans ces intervalles sont beaucoup plus resserrés que chez *Acipenser sturio* du fait du grand nombre de spécimens étudiés. La croissance moyenne en longueur sera ainsi beaucoup plus précise au cours de cette période.

TABLEAU 30

N : nombre de spécimens ;

L_m : longueur moyenne ;

σ_m : écart-type ;

s_m : erreur standard ;

I.C. 95 % : intervalle de confiance pour un coefficient de sécurité de 95 %.

Classe	N	L_m	σ_m	s_m	I.C. 95 %	
I	28	22	1,67	0,321	21,3	22,6
II	17	28	2,06	0,515	26,9	29,0
III	26	35	3,34	0,668	33,6	36,3
IV	54	42	4,28	0,562	40,9	43,1
V	75	49	4,59	0,533	47,9	50,1
VI	60	58	5,36	0,697	56,6	59,4
VII	48	66	6,35	0,927	64,1	67,8
VIII	25	75	6,49	1,327	72,2	77,7
IX	34	87	7,59	1,322	84,3	89,7
X	49	90	5,89	0,849	88,3	91,7
XI	58	98	7,32	0,969	96,1	99,9
XII	33	105	7,38	1,306	102,3	107,6
XIII	29	109	8,38	1,584	105,7	112,2
XIV	14	115	8,96	2,488	109,6	120,4
XV	9	120	12,18	4,300	110,1	129,9
XVI	11	122	9,55	3,020	115,3	128,7
XVII	3	133	7,79	5,520	109,2	156,7
XVIII	6	139	13,01	5,830	124,0	153,9

Calcul des limites de confiance des longueurs moyennes pour chaque classe d'âge chez *Acipenser oxyrhynchus* de la région de Québec

Chez les poissons plus âgés les fluctuations autour de la moyenne deviennent plus importantes et l'intervalle de confiance de la moyenne pour le coefficient de sécurité choisi devient plus large. La moyenne trouvée est donc moins sûre. Au-dessus de 18 ans, nous n'avons plus que des échantillons isolés et il est bien évident qu'à partir de ces dernières valeurs il est difficile de se faire une idée même approximative de la croissance moyenne de ces esturgeons.

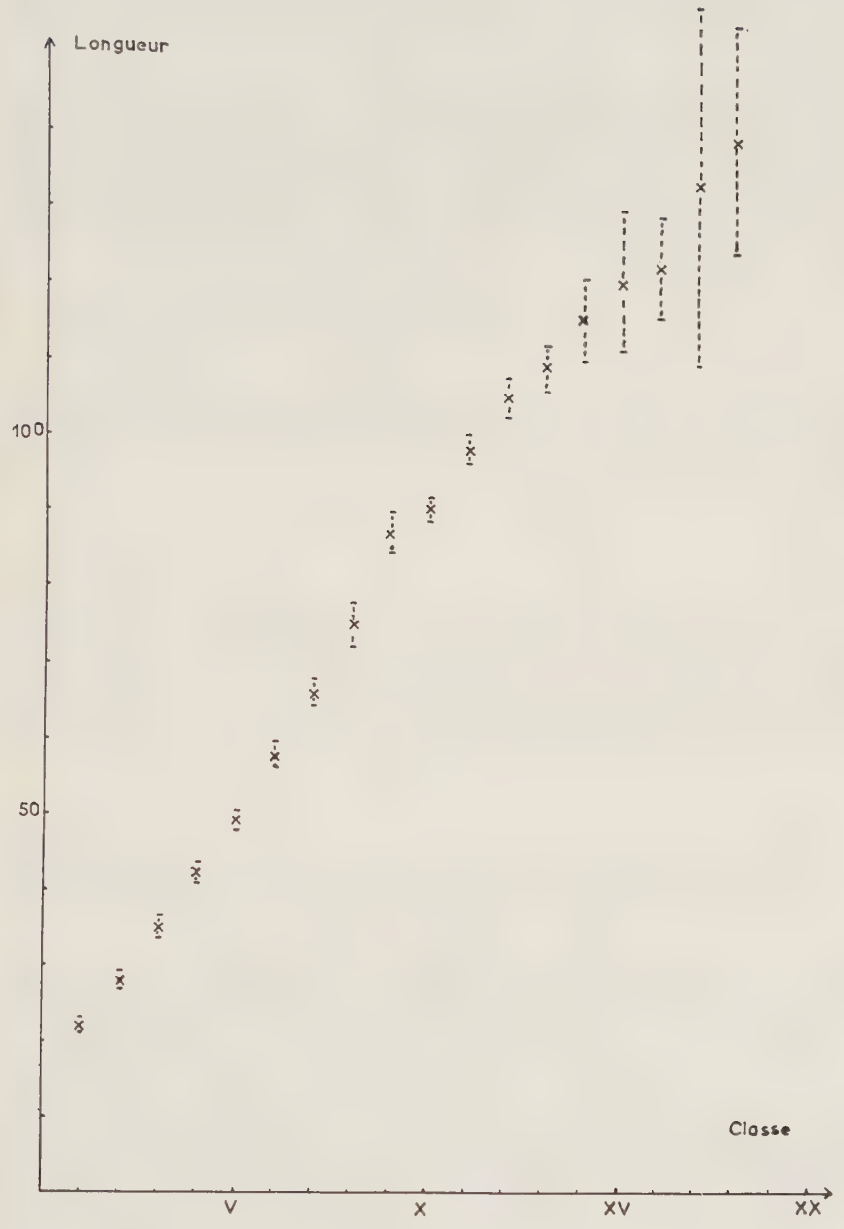


FIG. 37. — Croissance en longueur des *Acipenser oxyrhynchus* de la région de Québec. Les croix correspondent aux moyennes des longueurs effectivement mesurées pour chaque classe d'âge; les traits en pointillés de part et d'autre des croix délimitent les intervalles de confiance pour un coefficient de sécurité de 95 %.

L'établissement d'une équation mathématique de la croissance pourra nous aider à combler cette lacune. Cette équation, chez *Acipenser oxyrhynchus*, est de la forme :

$$L = 357\,[1 - e^{-0,0294\,(t-0,123)}]$$

Sa représentation graphique est donnée dans la figure 38. Bien qu'établie avec un nombre restreint d'échantillons cette courbe nous paraît se rapprocher suffisamment des valeurs effectivement mesurées à partir de 10 ans pour nous permettre de l'utiliser pour décrire la croissance pour les âges plus avancés.

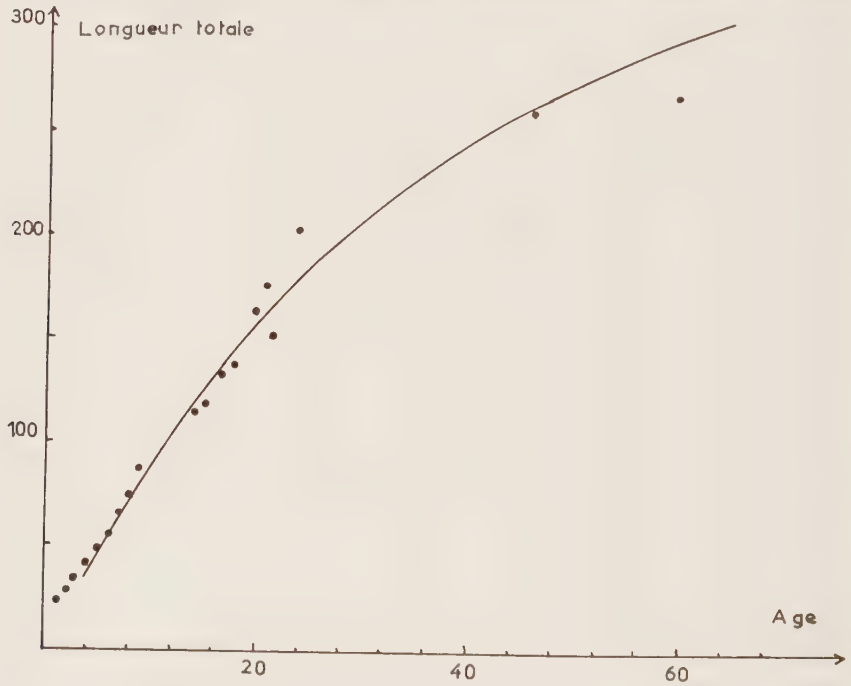


Fig. 38. — Croissance en longueur de l'*Acipenser oxyrhynchus*.
La courbe en traits pleins représente l'équation théorique :

$$L = 357\,[1 - e^{-0,029\,(t-0,123)}]$$

Les points de part et d'autre correspondent aux moyennes des longueurs mesurées.

On peut maintenant suivre le déroulement de la croissance de l'*Acipenser oxychynchus* au cours de sa vie. Il grandit très vite la première année de son existence puisque le jeune alevin, qui a 1,1 cm à l'éclosion et 2,1 cm à la fin de l'absorption du sac vitellin (Ryder, 1890), atteint 22 cm au printemps suivant. De 1 à 9 ans le taux de croissance annuelle augmente régulièrement ce qui se traduit graphiquement par une courbe parabolique ouverte vers le haut. Le passage de l'eau douce à l'eau de mer est à peine perceptible : ce passage doit être progressif chez cet esturgeon comme nous le verrons plus tard (chap. II). Le jeune esturgeon mesure 50 cm à 5 ans et 85 cm à 9 ans.

Vers 9-10 ans la courbe présente un point d'inflexion et s'incurve vers le bas : le taux de croissance diminue régulièrement au cours des années suivantes. Il ne semble pas qu'il y ait à cet âge de 9-10 ans de changement dans le métabolisme du poisson. La période de maturité sexuelle se situe en effet beaucoup plus tard, vers 22 ou 24 ans chez les mâles et 27-28 ans chez les femelles (chap. IV) : nos données sont évidemment trop éparses dans ces classes d'âges pour percevoir des variations de croissance dues à ce facteur.

On ne peut donc que décrire très schématiquement, en se basant principalement sur les données de l'équation théorique établie plus haut, la croissance moyenne de ce poisson depuis l'âge de 10 ans jusqu'à la fin de sa vie. L'*Acipenser oxyrhynchus* mesurerait à peu près 120 cm à 15 ans, 160 cm à 20 ans, 205 cm à 30 ans, 245 cm à 40 ans, 275 cm à 50 ans, et 300 cm à 60 ans, sa longueur tendant ensuite asymptotiquement vers 360 cm environ.

Pour la plupart des spécimens examinés nous n'avions pas d'indication de sexe. Comme pour l'*Acipenser sturio* il ne semble pas, d'après les données que nous possédons, que la croissance soit différente chez les mâles et chez les femelles.

Croissance en poids.

Le nombre de spécimens dont nous connaissons le poids est relativement réduit. Cet inconvénient est d'autant plus grave que la variabilité de la croissance en poids est beaucoup plus importante encore que la variabilité de la croissance en longueur (tableau 29). L'utilisation de la formule donnant le poids en fonction de la longueur chez *Acipenser oxyrhynchus :*

$$P = 1{,}726.10^{-3}\ L^{3{,}180}$$

ne permet pas de résoudre complètement ce problème : nous avons vu, en effet, que cette équation n'était valable que dans certaines limites de longueurs : de 20 à 150 cm.

C'est dans ces limites seulement que nous pourrons l'utiliser ici. La croissance en poids de cet esturgeon a donc été déduite de sa croissance en longueur et comparée avec la croissance obtenue directement (tableau 31, fig. 39-40). Cette comparaison porte sur les classes d'âges comprises entre I et XX. Nous voyons que les poids moyens obtenus par les deux méthodes sont très proches jusqu'à la classe XVII ce qui correspond d'ailleurs sensiblement à la longueur limite de 150 cm établie plus haut. Pour les classes d'âges supérieures on voit que le poids calculé devient inférieur au poids réel mesuré, mais les deux valeurs sont encore peu différentes.

La conformité de ces deux méthodes nous permet d'établir avec plus de sécurité la croissance moyenne en poids durant la première période de la vie. L'esturgeon pèserait 30 g à 1 an, 70 g à 2 ans, 425 g à 5 ans, 3 kg à 10 ans, 7,5 kg à 15 ans et 22 kg à 20 ans.

TABLEAU 31

Classe	N	Poids mesurés (en kg)		Poids calculés (en kg)
		Moyenne	Extrêmes	
I	12	0,029	0,019– 0,045	0,029
II	6	0,068	0,050– 0,090	0,064
III	15	0,134	0,090– 0,185	0,133
IV	7	0,315	0,162– 0,440	0,242
V	27	0,425	0,175– 0,615	0,401
VI	23	0,700	0,395– 1,3	0,697
VII	16	1,050	0,76 – 2,1	1,062
VIII	11	1,750	1 – 2,7	1,615
IX	26	2,6	1,1 – 4,1	2,625
X	45	3,1	1,44 – 4,1	2,931
XI	56	4,5	2,4 – 6,8	3,873
XII	33	5,2	3,4 – 7,5	4,842
XIII	28	5,8	3,7 – 9,1	5,483
XIV	14	6,9	3,4 – 9,5	6,532
XV	9	7,6	6,5 –11,6	7,499
XVI	9	8,9	6,4 –13,6	8,926
XVII	3	10,3	8 –12,9	10,500
XVIII	6	13,1	6,8 –19,5	12,140
XIX	2	18,9	11,3 –23,6	16,260
XX	1	21,8		20,050

Croissance en poids de l'*Acipenser oxyrhynchus* de la province de Québec de la classe I à la classe XX

On a donné, pour chaque classe, les poids déterminés expérimentalement et les poids déduits de la longueur totale à partir de la formule :

$$P = 1{,}726 \times 10^{-3} L^{3{,}180}$$

FIG. 39. — Croissance en poids de l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent de la classe I à la classe VI. Les points correspondent aux moyennes des poids mesurés; les croix sont les poids déduits de la longueur d'après l'équation :

$$P = 1{,}726 \times 10^{-3} L^{3{,}180}$$

Les traits de part et d'autre des moyennes donnent les fluctuations des poids pour chaque classe d'âge.

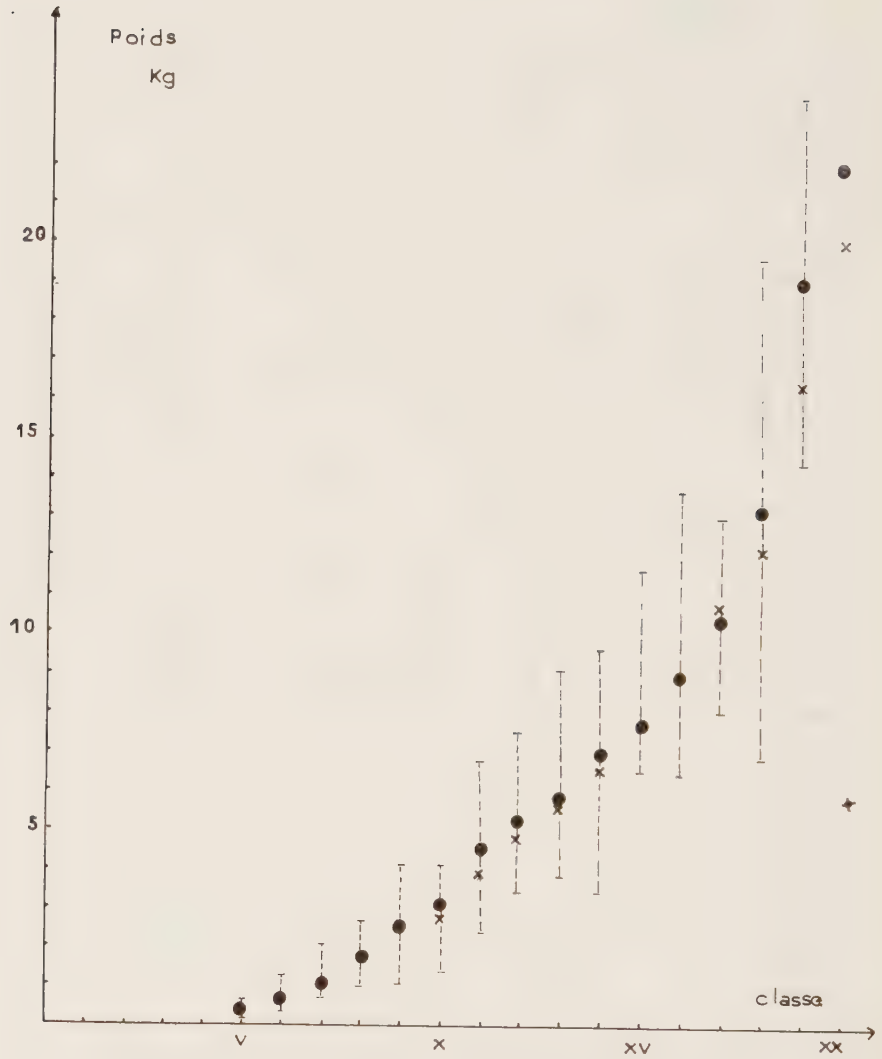


FIG. 40. — Croissance en poids de l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent de la classe V à la classe XX. Les points correspondent aux moyennes des poids mesurés, les croix sont les poids déduits de la longueur d'après l'équation :

$$P = 1{,}726 \times 10^{-3}\, L^{3{,}180}$$

Les traits de part et d'autre des moyennes donnent les fluctuations des poids pour chaque classe d'âge.

Après 20 ans, nous avons 4 observations réelles seulement et il nous est impossible avec nos données actuelles de préciser cette étude par des méthodes indirectes. Nous allons cependant, à partir de ces quelques indices, essayer de donner la meilleure estimation de la croissance en poids d'*Acipenser oxyrhynchus :* il pourrait avoir 45 kg à 30 ans, 80 kg à 40 ans, 120 kg à 50 ans et 160 kg à 60 ans. La figure 41 illustre schématiquement la croissance en poids en même temps que la croissance en longueur de l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent.

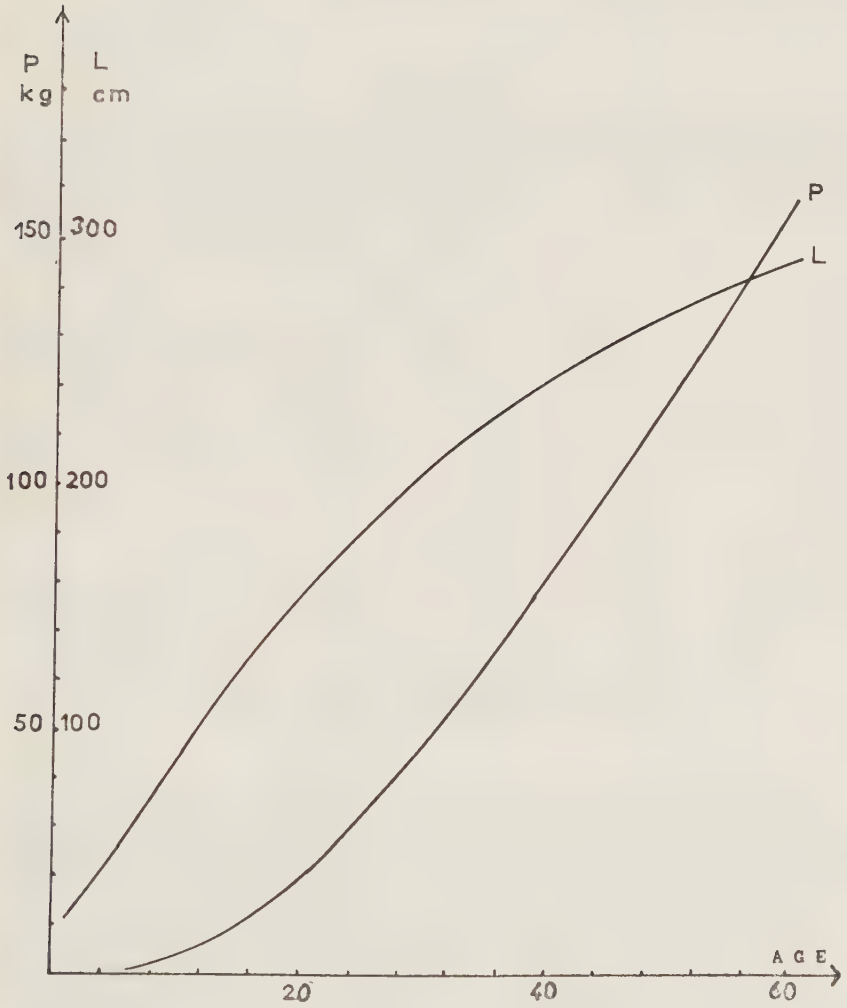


Fig. 41. — Courbe schématique illustrant la croissance en longueur et en poids de l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent.

Comparaison avec l'Acipenser oxyrhynchus de la rivière Hudson.

La comparaison de la croissance de l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent avec celle de l'*Acipenser oxyrhynchus* de la rivière Hudson est intéressante, les embouchures se trouvant à des latitudes bien différentes : respectivement 50° et 40° Nord. A partir des données de GREELEY, nous avons fait pour chaque classe d'âge les moyennes des longueurs en centimètres et des poids en kilogrammes des esturgeons de la rivière Hudson : ces calculs ont été reportés dans le tableau 32. On peut comparer ces résultats avec ceux obtenus pour le Saint-Laurent (tableau 29).

TABLEAU 32

Les longueurs sont exprimées en centimètres et les poids en kilogrammes

Classe	N	Longueur totale		Poids	
		Moyenne	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes
II	3	29	28,5– 30,5	0,141	0,085– 0,227
III	13	45,8	40,5– 53	0,400	0,270– 0,570
IV	4	60,3	57,5– 62	1,020	0,980– 1,134
V	4	67	63 – 72	1,230	1,130– 1,700
VI	4	65	56,5– 73	1,344	0,850– 1,800
VII	14	72	64,5– 78	1,526	1 – 1,900
VIII	3	83	81,5– 85	3	2,200– 3,800
X	1	189		36,500	
XI	1	190		40	
XII	2	238	223 –254	85,500	80 –91

Croissance de l'*Acipenser oxyrhynchus* de la rivière Hudson d'après les données de GREELEY (1937)

Jusqu'à la classe VIII les résultats sont parallèles. La croissance des esturgeons de la rivière Hudson est cependant plus rapide que celle des esturgeons du Saint-Laurent. A 3 ans les premiers mesurent 46 cm et pèsent 400 g, les seconds mesurent 35 cm et pèsent 123 g; à 7 ans les premiers mesurent 72 cm et pèsent 1,500 kg et les seconds mesurent 66 cm et pèsent 1 kg.

A partir de la clase VIII, les données de GREELEY divergent radicalement des nôtres : entre la classe VIII et X les esturgeons de la rivière Hudson passent brusquement de 83 à 189 cm et de 3 kg à 36,500 kg. Une pareille discontinuité dans la croissance semble peu probable. GREELEY l'explique par le passage des poissons de l'eau douce à l'eau de mer. Il ne semble pas cepen-

dant que le simple changement de milieu explique une aussi rapide augmentation de longueur et de poids; nous montrerons d'autre part au chapitre suivant que le passage de l'eau douce à l'eau de mer est progressif.

Il est donc impossible de comparer nos résultats avec ceux de GREELEY pour les gros spécimens : il est cependant très probable que les *Acipenser oxyrhynchus* de la rivière Hudson continuent à grandir plus vite en longueur et en poids que ceux du Saint-Laurent. Là encore, comme chez l'*Acipenser sturio,* la température semble le principal facteur intervenant dans la différence de croissance de ces esturgeons américains.

*Vérification de la croissance de l'*Acipenser oxyrhynchus *par les données du marquage.*

La lenteur de la croissance de l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent peut paraître étonnante pour un poisson qui atteint une si grande taille. On pourrait même douter de la validité de la méthode de détermination de l'âge si les données du marquage ne venaient confirmer de façon très nette nos résultats.

TABLEAU 33

Les longueurs sont exprimées en centimètres

N	Longueur au marquage	Longueur à la recapture	Temps écoulé	Longueur théorique à la recapture
1.....	91,8	124	5 ans	120 ± 10
2.....	83,5	97	2 ans	98 ± 2
3.....	105	110,8	2 ans	118 ± 8
4.....	86,5	123	9 ans	131 ± 20
5.....	80	120	7 ans	121 ± 10
6.....	71,5	107	9 ans	125 ± 10
7.....	71,5	104	7 ans	117 ± 7
8.....	85,5	106	2 ans	98 ± 2
9.....	104,5	127	9 ans	135 ± 20
10.....	152	157,5	2 ans	164
11.....	92,5	104	2 ans	106 ± 3
12.....	97,5	116	3 ans	118 ± 8
13.....	97,3	119	3 ans	116 ± 6
14.....	100,1	115	3 ans	120 ± 10
15.....	165,2	196	10 ans	214

Comparaison de la croissance en longueur des *Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent d'après les données du marquage et d'après la courbe de croissance moyenne de la figure 37

Mais, il nous faut au préalable examiner de plus près la valeur des données de longueur et de poids obtenues à partir du marquage. En général, au moment de l'étiquetage, ces mesures sont faites par des biologistes ou du moins par un personnel qualifié et entraîné. Par contre, à la recapture, les mesures sont faites le plupart du temps par les pêcheurs et souvent de façon bien approximative : il n'est pas rare de trouver, dans les données de recapture, des poissons qui ont diminué de longueur après un an ou deux de séjour à l'eau ce qui semble fort improbable. Des diminutions de poids pourraient encore s'expliquer par les perturbations internes dues aux manipulations des poissons au moment du marquage.

Tout cela doit nous inciter à utiliser avec la plus grande prudence les données du marquage, d'autant plus qu'en dehors de ces causes d'erreurs, nous retrouvons dans les résultats la grande variabilité individuelle déjà signalée plus haut.

Examinons d'abord la croissance en longueur d'après les données du marquage. Nous comparerons la croissance des poissons marqués et recapturés avec la croissance moyenne, établie ci-dessus (tableau 33). Voici, sur un exemple, la méthode de comparaison que nous avons utilisée. Le n° 1 du tableau a 91,8 cm à l'étiquetage : nous portons cette longueur sur la courbe de croissance en longueur de la figure 36. Ce poisson pouvait alors avoir 10 ans. Nous calculons à partir de là, la taille qu'il aurait eu 5 ans après (durée de son séjour à l'eau entre le marquage et la recapture) c'est-à-dire à 15 ans. Nous trouvons 120 cm plus ou moins 8 cm c'est-à-dire l'intervalle de confiance de la longueur moyenne de cet âge pour un coefficient de sécurité de 95 % : ce résultat est désigné dans le tableau sous le nom de longueur théorique à la recapture. Nous avons ainsi les données de 15 spécimens marqués et repris après des laps de temps allant de 2 à 10 ans.

La comparaison entre les longueurs des poissons à la recapture et la longueur théorique, c'est-à-dire la longueur qu'ils auraient eu s'ils avaient suivi la croissance moyenne des esturgeons du Saint-Laurent, donne des résultats variables : cinq ont une croissance sensiblement égale, deux ont eu une croissance plus rapide et tous les autres — soit huit, — ont eu une croissance plus lente que la moyenne. Cependant, les oscillations autour de la moyenne sont la plupart du temps dans les limites des intervalles de confiance des longueurs moyennes pour un seuil de probabilité $P = 0{,}05$. Même les autres cas plus aberrants sont situés dans les limites des longueurs extrêmes observées. Il ne peut guère y avoir de conformité plus grande entre les résultats de la croissance en longueur d'après les données du marquage et les résultats que nous avons obtenus.

Les données du marquage nous apportent aussi des éléments intéressants sur la croissance en poids des esturgeons du Saint-Laurent. Nous avons retenu les observations de vingt spécimens, les quatre derniers étant donnés par Vladykov (1949) comme de bons spécimens d'étude de croissance. La méthode utilisée est la même que pour les longueurs : nous avons comparé la croissance du poisson durant son séjour à l'eau entre le marquage de la recapture avec la croissance moyenne des esturgeons du Saint-Laurent durant le même temps

(fig. 40). Les résultats sont résumés dans le tableau 34 : sept spécimens ont eu une croissance en poids sensiblement égale, sept ont eu une croissance supérieure et six ont eu une croissance inférieure à la moyenne. Les variations individuelles sont grandes mais comprises dans les limites données par le tableau 29.

TABLEAU 34

Les poids sont exprimés en kilogrammes

N	Poids au marquage	Poids à la recapture	Temps écoulé	Poids théorique à la recapture
1.....	3,100	4,100	2 ans	4,8
2.....	2,700	5,900	3 ans	5,2
3.....	3,600	10,200	6 ans	10,1
4.....	5,600	8,850	3 ans	8,9
5.....	5,000	5,450	2 ans	6,8
6.....	5,400	13,620	7 ans	19,5
7.....	2,900	4,540	5 ans	5,5
8.....	4,800	11,350	5 ans	10,5
9.....	3,200	8,500	9 ans	15,0
10.....	1,850	8,290	7 ans	7,6
11.....	1,430	7,720	9 ans	9,5
12.....	1,320	1,840	1 an	2,0
13.....	1,815	5,450	4 ans	4,8
14.....	2,500	2,950	1 an	3,0
15.....	2,610	5,050	2 ans	4,6
16.....	1,360	10,400	7 ans	7,1
17.....	2,500	4,800	3 ans	4,8
18.....	4,000	8,000	2 ans	5,7
19.....	2,100	3,700	3 ans	4,4
20.....	3,000	5,900	3 ans	5,8

Comparaison de la croissance en poids des *Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent d'après les données du marquage et d'après les courbes de croissance moyenne de la figure 40

Ces données du marquage viennent donc confirmer non seulement la grande variabilité mais aussi et surtout la description de la croissance moyenne en longueur et en poids des *Acipenser oxyrhynchus* du fleuve Saint-Laurent.

3. Croissance de l'*Acipenser fulvescens*

La détermination de l'âge et l'étude de la croissance de l'esturgeon d'eau douce *Acipenser fulvescens* ont déjà retenu l'attention de plusieurs chercheurs nord-américains. Harkness (1923) a utilisé les otolithes pour les esturgeons

du lac Nipigon; Schneberger et Woodbury (1944) ont utilisé le même matériel pour les esturgeons du lac Winnebago dans le Wisconsin. Cuerrier et Roussow (1951) ont utilisé le premier rayon des nageoires pectorales pour les esturgeons du lac Saint-François, méthode employée dans la suite par Probst et Cooper (1955) pour les esturgeons du lac Winnebago. Nos recherches ont porté sur les *Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent près de Québec, de la rivière Ottawa et du lac Nipissing.

La croissance des *Acipenser fulvescens* du fleuve Saint-Laurent a déjà été étudiée par Cuerrier et Roussow (1951), puisque le lac Saint-François n'est qu'un élargissement de ce fleuve situé un peu en amont du confluent avec la rivière Ottawa. Ce sont très probablement sur les valeurs données par ces deux auteurs que Vladykov (1955 *b*) décrit la croissance des esturgeons de la province de Québec. Aucune étude n'avait encore été faite sur les esturgeons de cette espèce vivant plus en aval dans la région de Québec. Il est intéressant de comparer les croissances de ce poisson à deux latitudes nettement différentes puisque le lac Saint-François se trouve sur le 45e parallèle et Québec sur le 47e.

Il n'existe pas, à notre connaissance, d'étude sur la croissance des *Acipenser fulvescens* du lac Nipissing et de la rivière Ottawa.

Nous étudierons donc successivement les croissances de ce poisson dans ces trois milieux, nous comparerons ensuite ces résultats entre eux, et enfin nous comparerons nos résultats à ceux obtenus par les autres chercheurs cités plus haut. Dans l'étude de la croissance d'*Acipenser fulvescens* de la région de Québec nous confronterons nos résultats avec les données de marquages effectués dans cette région.

Croissance de l'*Acipenser fulvescens* de la région de Québec

Le Centre biologique du département des Pêcheries de Québec nous a fourni 98 rayons de nageoires provenant de la zône du Saint-Laurent située entre Lotbinière et Saint-Vallier (fig. 9) : la plus grande partie cependant provenait de la région située de part et d'autre de l'île d'Orléans. Nos prélèvements personnels se réduisent à une dizaine d'exemplaires provenant de Neuville et de Saint-Vallier. Nous avons retenu pour la lecture de l'âge 82 spécimens dont les résultats sont consignés dans le tableau 35.

Croissance en longueur.

Nous n'insisterons pas sur la grande variabilité de la croissance en longueur de cette espèce sur laquelle on peut faire les mêmes remarques que sur les deux autres espèces étudiées précédemment. Le calcul de l'intervalle de confiance des longueurs moyennes aux différents âges ne présente pas d'intérêt ici étant donné le petit nombre de spécimens que nous possédons. Nous avons donc simplement reporté sur la figure 42 illustrant la croissance en longueur de l'*Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent, les longueurs extrêmes observées.

TABLEAU 35

Classe	Longueur totale			Longueur à la fourche			Poids		
	N	Moyenne	Extrêmes	N	Moyenne	Extrêmes	N	Moyenne	Extrêmes
I.....	7	25,3	20– 30	8	23,4	19– 27	8	0,056	0,03– 0,07
IV.....	3	45,3	45– 46	3	41	40– 42	3	0,390	0,38– 0,53
VI.....	8	53,1	52– 54	8	48	47– 49	8	0,606	0,60– 0,62
VIII....	1	63,5		1	58		2	1,200	0,80– 1,60
IX.....	1	68		1	61		1	1,400	
X.....	5	69	66– 73	4	63	60– 67	4	1,500	1,20– 1,90
XI.....	3	73,3	71– 77	2	68	64– 72	2	1,800	1,40– 2,20
XIII....	1	94		1	86		1	5	
XIV....	2	92,5	88– 97	2	85	81– 88	2	4,100	3,50– 4,70
XVI....	3	92,6	87– 97	3	84	79– 90	3	4,100	3,20– 4,90
XVII...	2	97,5	96–100	2	90	89– 91	2	5,200	5,10– 5,30
XVIII..	6	100,3	94–103	6	93	87– 96	5	6,300	5,90– 6,60
XIX....	7	103,3	97–106	7	96	89– 99	7	6,400	5,40– 6,80
XX....	7	108	98–113	7	100	91–105	7	7,600	5,80– 9,70
XXII...	2	119,5	116–124	2	111	108–114	2	10,300	10,20–10,30
XXIII..	4	116	107–120	4	108	99–113	4	9,500	6,80–11,70
XXIV..	7	116,7	111–129	7	109	104–122	6	10,600	8 –13,60
XXV...	2	115,5	112–120	2	106	101–111	2	10,500	9 –12
XXVI..	1	121		1	114		1	12,400	
XXVIII.	2	130	124–136	2	120	114–126	2	14,700	13,10–16,30
XXIX..	2	131	129–133	2	123	120–126	2	12,900	11,90–13,80
XXX...	1	142		1	133		1	19,100	
XXXIV.	1	134		1	128		1	15	
XXXV..	1	136		1	128		1	16,800	
XXXVI.	1	144		1	136		1	26,300	
L.....	2	168,5	167–170	2	158	154–162	2	33,300	29,60–37
LX.....	1	181		1	170		1	35,900	

Longueurs en centimètres et poids en kilogrammes des *Acipenser fulvescens* de la région de Québec aux différents âges

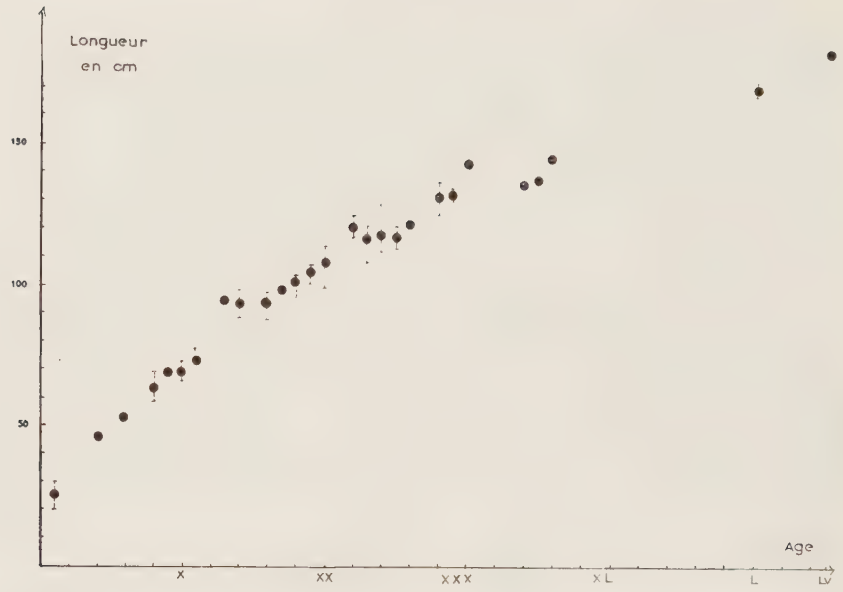


FIG. 42. — Croissance en longueur des *Acipenser fulvescens* de la région de Québec. Les points noirs correspondent aux moyennes des longueurs déterminées pour chaque classe d'âge. Les traits de part et d'autre des points indiquent les longueurs extrêmes.

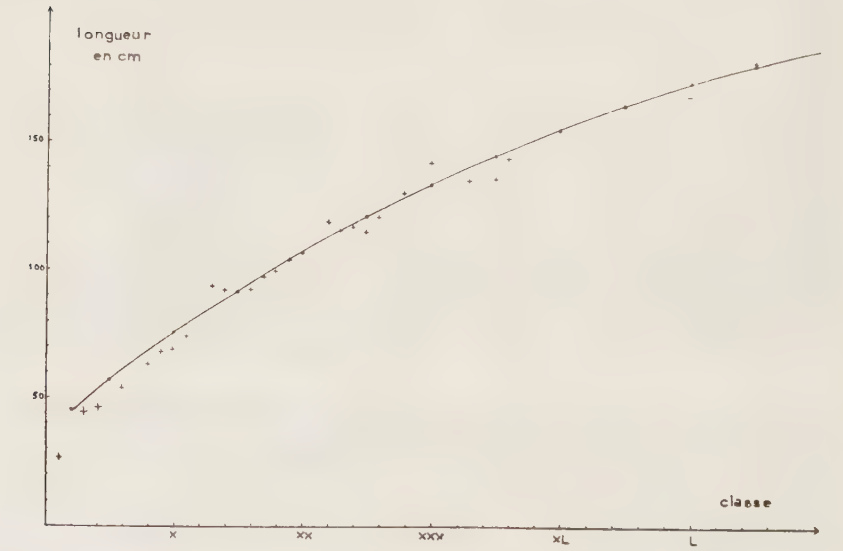


FIG. 43. — Croissance en longueur d'*Acipenser fulvescens* de la région de Québec. La courbe en trait plein représente l'équation théorique. Les croix de part et d'autre de la courbe correspondent aux moyennes des longueurs mesurées.

Du fait de ce petit nombre d'échantillons on pourrait douter de la valeur de la croissance moyenne qui découle de nos mesures. Le tracé de la courbe théorique de croissance vient confirmer nos déterminations expérimentales pour les poissons âgés de plus de 18 ans. (fig. 43). L'équation de cette courbe est de la forme :

$$L = 250\,[I - e^{-0,02\,(t+8)}]$$

Cette formule permettra non seulement de préciser la croissance mais aussi de combler les lacunes de nos échantillons en particulier entre 30 et 50 ans. Il est même étonnant de retrouver des longueurs de poissons âgés de 50 à 60 ans coïncidant exactement avec cette courbe. Cela peut provenir du fait signalé au début de ce chapitre : les zones de croissance sur les coupes de rayons de pectorales sont beaucoup plus nettes chez cet esturgeon d'eau douce que chez les esturgeons migrateurs, ce qui entraîne une plus grande précision dans la lecture de l'âge.

Il nous est possible maintenant, à partir de ces différentes données, de décrire les grandes étapes de la croissance de l'*Acipenser fulvescens* de la région de Québec. Jusqu'à 18 ans cet esturgeon grandit relativement vite, bien que le taux de croissance annuel diminue régulièrement : il mesure approximativement 25 cm à 1 an, 45 cm à 4 ans, 56 cm à 6 ans, 65 cm à 8 ans, 73 cm à 10 ans, 92 cm à 15 ans.

A 18 ans, comme nous l'avons dit plus haut, la courbe de croissance théorique se confond avec la courbe déterminée expérimentalement et à partir de là, il semble que le taux de croissance annuel diminue plus rapidement. Or, c'est précisément vers cette période de la vie que l'esturgeon d'eau douce du Saint-Laurent acquiert sa maturité sexuelle (cf. Chapitre V). Il faut avouer cependant que le changement de croissance n'est pas très marqué si l'on examine le graphique de la figure 43.

Après la maturité, cet esturgeon continue à grandir : il mesure environ 133 cm à 30 ans, 155 cm à 40 ans, 172 cm à 50 ans, 185 cm à 60 ans, et sa longueur tendrait ensuite asymptomatiquement vers 250 cm. On n'a jamais trouvé en fait dans cette région d'esturgeon ayant atteint cette taille.

Croissance en poids.

Le tableau 35 donne pour chaque classe d'âge les moyennes des poids des échantillons étudiés ainsi que les poids extrêmes observés. Ce tableau est illustré par la figure 44. L'examen de ce tableau et de cette figure démontre bien les grandes variatione individuelles. Comme d'autre part le nombre d'échantillons est relativement réduit, il en découle une grande irrégularité dans la disposition des points sur le graphique. On peut difficilement, à partir de ces seules données, se faire une idée nette de la croissance en poids d'*Acipenser fulvescens* de la région de Québec.

La croissance en longueur semblant bien établie, on pourra en déduire la croissance en poids à partir de la relation entre ces deux mesures établie plus haut chez *Acipenser fulvescens :*

$$P = 1,371 \cdot 10^{-3}\, L^{3,327}$$

Le tableau 36 donne pour différentes classes d'âges les poids déduits de la longueur par cette formule. On a utilisé pour les classes d'âges inférieures à XX les longueurs obtenues expérimentalement et pour les classes supérieures les longueurs obtenues à partir de l'équation théorique de croissance en longueur :

$$L = 250\,[1 - e^{-0,02\,(t+8)}]$$

TABLEAU 36

Jusqu'à la classe X les longueurs sont celles trouvées expérimentalement ; ensuite, on a pris les longueurs déduites de l'équation théorique de croissance en longueur. La dernière colonne donne les moyennes obtenues expérimentalement.

Classe	Longueur	Poids calculé	Poids mesuré
I	25,3	0,063	0,056
IV	45,3	0,443	0,390
VI	53,1	0,752	0,610
VIII	63,5	1,364	1,200
IX	68	1,713	1,400
X	76	2,480	1,500
XV	92	4,683	4,100
XX	107	7,741	7,600
XXV	121	11,653	10,500
XXX	133	15,962	19,100
XXXV	144	20,793	26,300
XL	154,5	26,277	
XLV	163,5	31,734	
L	172	37,550	33,300
LV	180	43,684	35,900
LX	186	48,729	
LXV	192	54,146	

Croissance en poids déduite de la croissance en longueur d'après l'équation établie pour *Acipenser fulvescens* :

$$P = 1,371.10^{-3}L^{3,327}$$

La courbe théorique de croissance en poids a été tracée sur la figure 44 en même temps que les poids moyens obtenus expérimentalement : ces derniers d'ailleurs encadrent régulièrement la courbe théorique.

Les tableaux 34 et 35 et la figure 44 permettent de se faire une idée schématique de la croissance moyenne en poids de cet esturgeon. Il pèserait 50 à 60 g à 1 an, 500 g à 5 ans, 2 kg à 10 ans, 8 kg à 20 ans, 16 kg à 30 ans, 26 kg à 40 ans, 41 kg à 50 ans et 49 kg à 60 ans.

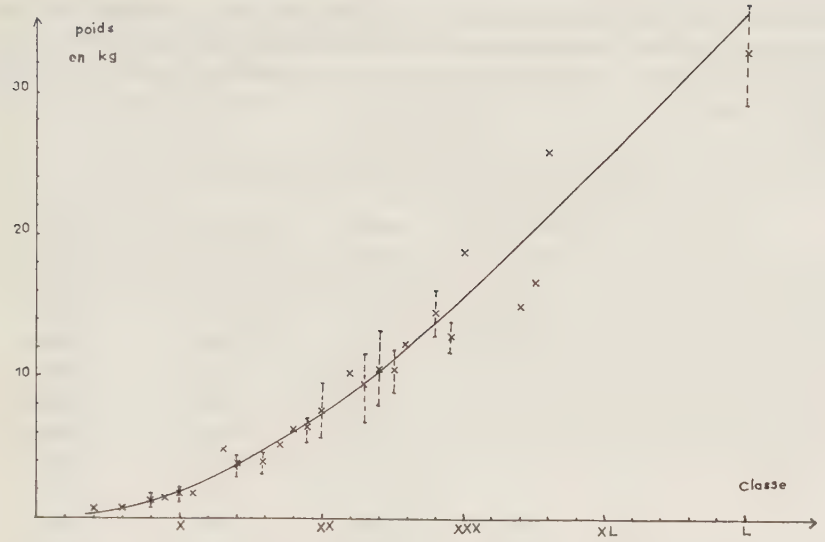


FIG. 44. — Croissance en poids de l'*Acipenser fulvescens* de la région de Québec. Les croix correspondent aux moyennes des poids déterminés expérimentalement pour chaque classe d'âge; les pointillés de part et d'autre des croix donnent les poids extrêmes. La courbe représente la croissance en poids déduite de la croissance en longueur.

Vérification de la croissance par les données du marquage.

Les remarques générales sur l'interprétation des données du marquage pour *Acipenser oxyrhynchus* sont évidemment valables pour *Acipenser fulvescens*. Nous emploierons d'autre part aussi les mêmes méthodes pour comparer la croissance des divers specimens marqués et repris avec la croissance moyenne établie dans les paragraphes précédents.

Pour la croissance en longueur, nous avons retenu 28 spécimens : la longueur au marquage, à la reprise et la longueur théorique que chaque poisson aurait atteint s'il avait suivi la courbe moyenne de croissance sont consignés dans le tableau 37.

Ce tableau confirme tout d'abord nos remarques sur la grande variabilité de croissance individuelle de ce poisson. Ainsi, après 9 ans, un esturgeon de 70 cm (n° 4) a atteint seulement la taille de 92 cm alors qu'un autre de 56 cm (n° 5) a atteint la taille de 99 cm. Deux esturgeons ont été marqués à une taille de 60 cm et ont été recapturés tous les deux 7 ans après, l'un ayant augmenté seulement de 8 cm (n° 9) tandis que l'autre s'est allongé de 14 cm (n° 10). Le tableau donne d'autres exemples de variations individuelles.

Le premier spécimen du tableau est particulièrement intéressant puisqu'il a été recapturé 15 ans après l'étiquetage (ANONYME, 1960). D'après le graphique il pouvait avoir 5 ans à l'étiquetage et il aurait donc eu 20 ans à la reprise.

A 20 ans, la longueur moyenne obtenue expérimentalement ou par le calcul est 108 cm. Or, cet esturgeon avait 103 cm : il est donc une excellente confirmation de nos résultats. Onze autres spécimens ont des croissances égales ou très proches de la croissance moyenne que nous avons établie : les n° 2, 6, 15, 17, 19, 20 et les n^{os} 23 à 28.

TABLEAU 37

Les longueurs sont exprimées en centimètres

N	Longueur au marquage	Longueur à la recapture	Temps écoulé	Longueur théorique à la recapture
1.....	52	103	15 ans	108
2.....	64	98	11 ans	102
3.....	73	94	10 ans	106
4.....	70	92	9 ans	100
5.....	56	99	9 ans	90
6.....	64	93	9 ans	96
7.....	59	72	9 ans	93
8.....	68	76	8 ans	99
9.....	60	68	7 ans	88
10.....	60	74	7 ans	88
11.....	53	75	7 ans	82
12.....	68	82	7 ans	92
13.....	59	72	5 ans	78
14.....	63	72	5 ans	79
15.....	145	149	5 ans	154
16.....	67	73	5 ans	86
17.....	84	100	5 ans	100
18.....	61	66	4 ans	78
19.....	85	101	4 ans	98
20.....	79	86	3 ans	89
21.....	74	98	3 ans	84
22.....	70	88	3 ans	81
23.....	55	68	3 ans	68
24.....	71	79	2 ans	79
25.....	62	68	2 ans	70
26.....	57	67	2 ans	68
27.....	54	58,5	1 an	59
28.....	78	81	1 an	80

Croissance en longueur des esturgeons *Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent déterminée expérimentalement et déduite des données du marquage

Les autres spécimens présentent des différences plus ou moins grandes; toutes ces différences individuelles cependant restent dans les intervalles de fluctuations observés sur les échantillons que nous avons étudiés. Un fait cependant peut paraître surprenant : deux spécimens seulement ont grandi

plus rapidement que la moyenne (nº 5 et 21) alors que tous les autres, c'est-à-dire 14 spécimens ont eu une croissance plus lente que la moyenne. Il semblerait que les *Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent aient une croissance plus lente encore que celle que nous avons établie mais nous ne pouvons pas tirer une telle conclusion d'un aussi petit nombre de spécimens. Cette différence, d'autre part, pourrait être due à un arrêt de croissance provoqué par les manipulations du marquage. En conclusion, toutes ces données du marquage semblent bien apporter une nette confirmation des résultats que nous avons obtenus sur la croissance en longueur des *Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent.

Les données du marquage viennent aussi confirmer nos conclusions sur la croissance en poids de l'*Acipenser fulvescens* de la région de Québec. L'examen du tableau 38 montre que la plupart des esturgeons marqués et repris ont eu durant leur séjour à l'eau une croissance très proche de la croissance moyenne que nous avons établie. La croissance différente, supérieure ou inférieure à la moyenne est toujours dans les limites plausibles et vient simplement confirmer la grande variabilité individuelle que nous avons déjà remarquée dans l'étude de la croissance en poids de cet esturgeon.

TABLEAU 38

Les poids sont exprimés en kilogrammes

N	Poids au marquage	Poids à la recapture	Temps écoulé	Poids théorique à la recapture
1.....	0,710	5,675	15 ans	7,50
2.....	1,100	1,475	2 ans	1,45
3.....	1,190	4,540	9 ans	5
4.....	3,550	9,080	8 ans	8
5.....	1,300	1,920	1 an	1,60
6.....	1,100	1,360	2 ans	1,70
7.....	1,750	5,220	7 ans	5
8.....	1,960	5,900	11 ans	8
9.....	0,880	1,430	2 ans	1,40
10.....	0,690	2,070	7 ans	3
11.....	1,680	2,725	3 ans	3,30
12.....	1,270	6,325	10 ans	6,20
13.....	2,360	3,040	3 ans	3,60
14.....	0,795	6,810	8 ans	3,60
15.....	1,815	6,810	5 ans	4
16.....	18,160	23,580	4 ans	26
17.....	3,150	5,250	5 ans	5,60
18.....	2,750	3,050	1 an	3,20
19.....	2,350	5,450	6 ans	5,40

Comparaison de la croissance des *Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent d'après les données du marquage
et d'après la courbe de croissance en poids de la figure 44

Croissance de l'*Acipenser fulvescens* de la rivière Ottawa

La croissance de l'*Acipenser fulvescens* de la rivière Ottawa n'a encore fait l'objet d'aucune publication. Il nous a semblé intéressant de l'étudier en particulier pour préciser si les esturgeons d'eau douce de cet immense réseau hydrographique constitué par la rivière Ottawa et le fleuve Saint-Laurent formait une population homogène ou s'il fallait distinguer dans ce vaste ensemble des races biologiques différentes.

Le matériel dont nous avons disposé pour cette étude a été recueilli entièrement par nous en 1960 : 43 spécimens ont été retenus pour l'étude de la croissance en longueur et en poids. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 39.

TABLEAU 39

Les longueurs sont exprimées en centimètres et les poids en kilogrammes

Age	N	Longueur totale		Longueur à la fourche		Poids	
		Moyenne	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes
III.....	1	36,5		34,5		0,240	
IV.....	2	40	37– 43	36	33– 38	0,287	0,25– 0,35
V.....	1	42		37,5		0,350	
VI.....	1	61		54		1,000	
VII	2	62,5	60– 65	56,5	53– 60	1,550	1,25– 1,85
VIII.....	3	64	56– 74	59	51– 69	1,416	0,85– 2,15
IX.....	3	72	67– 80	66	62– 74	2,223	1,40– 2,40
X.....	5	78	76– 84	73	70– 77	2,980	2,30– 3,70
XI.....	4	79	76– 82	74,5	73– 76	3,025	2,80– 3,20
XII.....	8	82	79– 87	76	70– 83	3,340	2,80– 3,70
XIII.....	3	85	78– 91	79	72– 83	3,970	3,20– 4,50
XIV.....	2	94	89– 99	86,5	81– 92	4,650	4,40– 4,90
XV	3	83,5	66–100	77,5	60– 95	3,900	1,85– 6,30
XVI.....	1	105		100		7,800	
XVIII...	1	91		84		4,500	
XX.....	2	112	92–132	106	84–128	12,400	4,50–20,30
XXV....	1	132		126		18,100	

Croissance de l'*Acipenser fulvescens* de la rivière Ottawa

Le matériel étant très réduit, il sera évidemment difficile d'étudier l'influence de la maturité sexuelle sur la croissance de ce poisson. Nous nous contenterons de comparer les croissances en longueur et en poids de l'esturgeon de la rivière Ottawa et celui de l'esturgeon d'eau douce du Saint-Laurent.

La figure 45 représente la courbe de croissance moyenne de l'*Acipenser fulvescens* de la région de Québec, en même temps que les longueurs moyennes et extrêmes aux différents âges de l'*Acipenser fulvescens* de la rivière Ottawa. Ce rapprochement montre de façon nette la similitude de croissance de ces esturgeons.

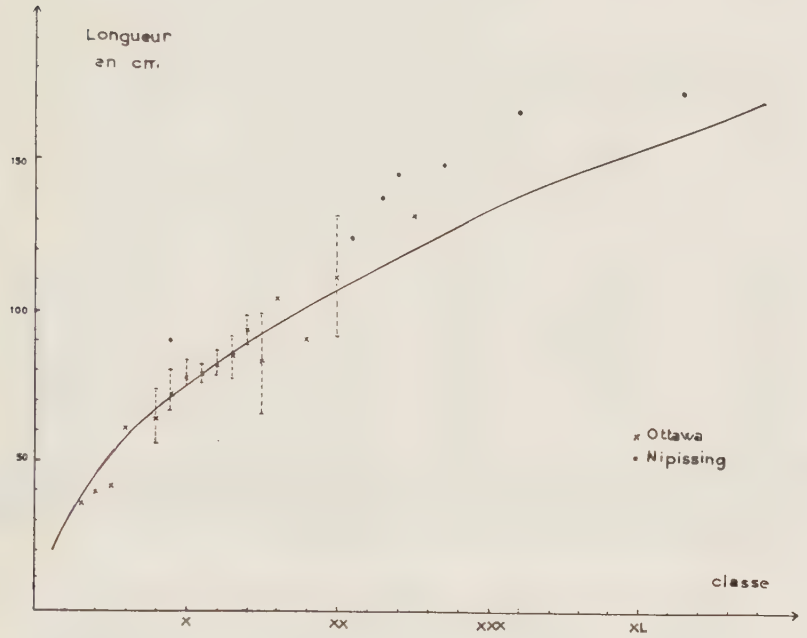


Fig. 45. — Croissance en longueur de l'*Acipenser fulvescens* de la rivière Ottawa et du lac Nipissing. La croissance de la même espèce dans la région de Québec est représentée en traits pleins. Les croix et les points noirs indiquent les moyennes des longueurs pour chaque classe d'âge; les pointillés de part et d'autre donnent les longueurs extrêmes.

On a rapproché aussi dans le même graphique (fig. 46) la croissance en poids des *Acipenser fulvescens* de la région d'Ottawa et de la région de Québec. La conclusion est la même que pour les longueurs : la croissance en poids est semblable chez ces esturgeons.

Nous avions déjà montré plus haut (II[e] Partie, Chapitre II, 2) que ces esturgeons avaient sensiblement le même coefficient de condition. L'identité de croissance renforce la conclusion que nous avons tirée alors de l'identité des deux populations d'esturgeons de la rivière Saint-Laurent et de la rivière Ottawa. La comparaison avec les esturgeons du lac Saint-François que nous ferons plus loin viendra corroborer encore cette affirmation.

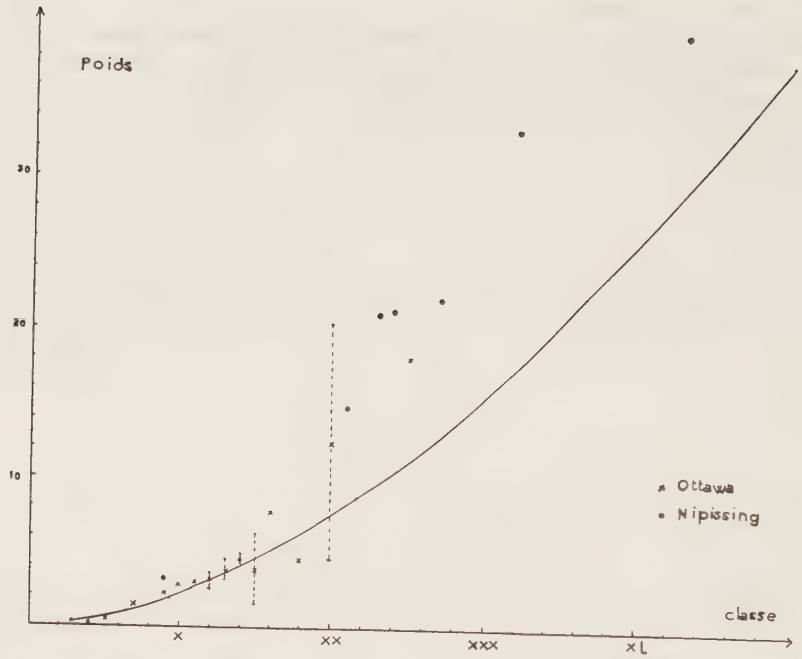


Fig. 46. — Croissance en poids de l'*Acipenser fulvescens* de la rivière Ottawa et du lac Nipissing. La croissance de la même espèce dans la région de Québec est représentée en trait plein. Les croix et les points noirs indiquent les moyennes des poids pour chaque classe d'âge. Les pointillés de part et d'autre donnent les poids extrêmes.

Croissance de l'*Acipenser fulvescens* du lac Nipissing

La croissance de l'esturgeon du lac Nipissing n'a fait l'objet d'aucune étude. Nous pensions qu'il était intéressant d'étudier la croissance de ce poisson vivant dans un lac pour la comparer à celle des esturgeons de la même espèce vivant en rivière. Malheureusement, au cours du stage que nous avons effectué dans cette région, les captures ont été très rares. Sept spécimens seulement ont été pêchés dont un seul immature.

Les résultats de détermination de l'âge sont donnés dans le tableau 40; les figures 45 et 46 permettent la comparaison de la croissance en longueur et en poids de l'*Acipenser fulvescens* du lac Nipissing avec ceux de la rivière Ottawa et du Saint-Laurent près de Québec.

Malgré le peu d'exemplaires, il semble bien que l'on puisse affirmer que les esturgeons du lac Nipissing ont une croissance supérieure à ceux vivant dans les rivières et cela dès les premières années de la vie puisque à 9 ans le spécimen examiné a déjà 90 cm et pèse 3,2 kg alors qu'au même âge les esturgeons de rivière ont seulement 70 cm et pèsent 2 kg. La différence semble s'accentuer avec l'âge bien qu'il soit difficile de la chiffrer de façon précise.

Nous avions déjà signalé dans l'étude des relations longueur-poids (IIe partie, chapitre II, 2) la meilleure condition physique des esturgeons du lac Nipissing par rapport à ceux du Saint-Laurent et de la rivière Ottawa. Nous avions suggéré que l'énergie économisée par cet esturgeon du fait qu'il n'a pas à lutter contre le courant, pouvait expliquer cette différence. La même économie d'énergie peut expliquer leur croissance plus rapide.

TABLEAU 40

Les longueurs sont exprimées en centimètres et les poids en kilogrammes

Classe	N	Longueur totale	Longueur à la fourche	Poids
IX	1	90	85	3,2
XXI	1	125	118	14,5
XXIII	1	138,5	132,5	21,0
XXIV	1	146	137	21,3
XXVII	1	149	137	22,0
XXXII	1	166	157	33,2
XLIII	1	173	162	39,5

Croissance de l'*Acipenser fulvescens* du lac Nipissing

Comparaison avec les autres *Acipenser fulvescens* d'Amérique du Nord

Les différences observées entre les *Acipenser fulvescens* des trois régions que nous avons prospectées nous ont déjà donné quelques indications sur la croissance de cette espèce. La comparaison avec les mêmes esturgeons vivant dans d'autres milieux, rivières ou lacs d'Amérique du Nord, nous aidera à préciser ces notions.

Le tableau 41 donne les croissances en longueur de l'*Acipenser fulvescens* du lac Nipigon (Harkness, 1923), du lac Winnebago (Schneberger et Woodbury, 1944 et surtout Probst et Cooper, 1955) du lac Saint-François (Cuerrier et Roussow, 1951) et enfin du Saint-Laurent près de Québec. Ce tableau est illustré par la figure 47.

Nous commencerons par la comparaison des esturgeons d'eau douce vivant en deux points du fleuve Saint-Laurent puisque le lac Saint-François n'est qu'un élargissement de ce fleuve. Cette comparaison est rendue difficile par le fait que les observations de Cuerrier et Roussow ne comportent pas d'individus ayant plus de 23 ans. Il semble cependant, d'après les données du tableau et du graphique, que l'on puisse affirmer avec une certaine sécurité qu'il n'y a

pas de différence de croissance entre les esturgeons du lac Saint-François et de la région de Québec. Cela renforce l'affirmation que nous donnions plus haut de l'identité de la population d'*Acipenser fulvescens* dans tout le bassin hydrographique du Saint-Laurent et de la rivière Ottawa.

TABLEAU 41

Classe d'âge	Lac Nipigon		Lac Winnebago		Lac Saint-François		Région de Québec	
	N	Moyenne	N	Moyenne	N	Moyenne	N	Moyenne
I	4	24,15	2	17,8			7	25,3
II	3	30	13	36,6				
III	4	34,5	10	48	2	42		
IV	5	45	9	57,9	9	51	3	45,3
V	3	50,3	8	66,3	16	57		
VI	3	54,4	6	80	27	60,5	8	53,1
VII	5	57,8	11	78,2	34	63		
VIII	2	60,3	14	84,1	36	67	1	63,5
IX	4	59,7	33	87,4	31	70	1	68
X	5	66,4	47	90,2	25	74	5	69
XI			74	94	25	76	3	73,3
XII	1	77,2	51	98,6	23	79		
XIII	1	74,2	40	103,1	21	83,5	1	94
XIV			59	104,6	17	87,5	2	92,5
XV	3	78	62	113	14	89		
XVI			41	113	19	88,5	3	92,6
XVII	1	87,3	30	116,1	10	95,5	2	97,5
XVIII	1	89	12	123,9	3	96,5	6	100,3
XIX	1	90,5	13	127,7	2	107	7	103,3
XX			16	126,5	7	102	7	108
XXI			16	128,8	3	102		
XXII	1	89	23	129,5	2	95	2	119,5
XXIII			29	127	3	125	4	116
XXIV			42	133,8			7	116,7
XXV	1	100	33	136,4			2	115,5
XXVI			43	144,5			1	121
XXVII			24	142,5				
XXVIII			39	145,8			2	130
XXIX			31	143,3			2	131
XXX			22	153,9			1	142
XXXI			27	155,8				
XXXII			24	156,7				
XXXIII			13	159				
XXXIV			14	158,5			1	135
XXXV			5	165,6			1	136
XXXVI			11	167,1			1	144
XXXVII	1	136	8	167,9				
XXXVIII	1	147,5	2	148,6				
XXXIX			3	163				
XL	1	132,4	3	169,5				

Comparaison des croissances en longueur totale de l'*Acipenser fulvescens* dans diverses régions de l'Amérique du Nord

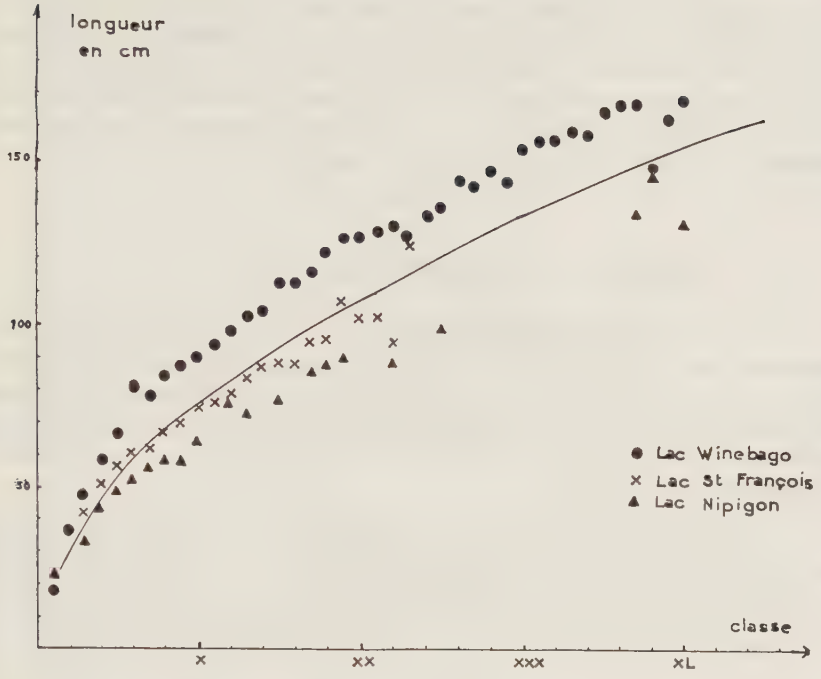


FIG. 47. — Croissance en longueur des *Acipenser fulvescens* du fleuve Saint-Laurent, du lac Winnebago et du lac Nipigon d'après les données du tableau 41.

Les esturgeons du lac Winnebago grandissent par contre beaucoup plus rapidement que ceux du Saint-Laurent surtout durant leurs premières années; il conservent ensuite leur avance jusqu'à la fin de leur vie : ils mesurent 65 cm au lieu de 53 cm à 5 ans, 90 cm au lieu de 73 cm à 10 ans, 127 cm au lieu de 107 cm à 20 ans et ils gardent ensuite jusqu'à 60 ans une différence de taille de 20 cm. Nous avons vu, d'autre part, dans l'étude des relations entre la longueur et le poids (II[e] partie, Chapitre II, 2), que pour la même taille les esturgeons du lac Winnebago étaient beaucoup plus lourds que ceux du Saint-Laurent: leur croissance en poids est donc aussi très supérieure.

La croissance des esturgeons du lac Winnebago est par contre semblable à celle des esturgeons du lac Nipissing. Cela semblerait renforcer l'hypothèse que nous avions émise plus haut que la vie dans les lacs favorise une croissance plus rapide. Mais ce facteur n'est évidemment pas le seul qui influe sur la croissance de ces poissons.

En effet, les esturgeons du lac Nipigon ont une croissance nettement moins rapide que les esturgeons du lac Winnebago, du lac Nipissing, et même du fleuve Saint-Laurent et de la rivière Ottawa. En prenant toujours pour terme

de comparaison le fleuve Saint-Laurent, les esturgeons du lac Nipigon mesurant 48 cm au lieu de 53 cm à 5 ans, 67 au lieu de 73 cm à 10 ans, 95 au lieu de 107 cm à 20 ans, 115 au lieu de 134 cm à 30 ans, 132 au lieu de 135 cm à 40 ans. Le cas de ces esturgeons du lac Nipigon démontre que le facteur température est aussi important dans la croissance : ce lac est en effet situé à la latitude 50° Nord; il est donc beaucoup plus froid que tous les autres points que nous venons de citer qui sont situés près du 45e parallèle.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Nous allons dégager de l'ensemble des faits établis ci-dessus les grandes caractéristiques de la croissance des trois esturgeons étudiés : les caractères communs aux trois espèces et les différences qui existent entre elles. Nous essayerons ensuite d'élargir la valeur de ces conclusions à l'ensemble des Acipensérídés en examinant la croissance de quelques espèces de cette famille provenant de milieux divers.

Le tableau 42 résume la croissance en longueur et en poids de l'*Acipenser sturio* de la Gironde, de l'*Acipenser oxyrhynchus* et de l'*Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent, Le tableau 43 donne la croissance de quatre autres espèces d'esturgeons. Ces deux tableaux sont illustrés par les graphiques de la figure 48.

TABLEAU 42

Age	*Acipenser sturio*		*Acipenser oxyrhynchus*		*Acipenser fulvescens*	
	L	P	L	P	L	P
II.....	38,5	0,2	28	0,07	30	0,15
V.....	67,7	1,2	49	0,4	50	0,5
X.....	108,4	6,5	90	3	73	2
XV	150	18	120	7,5	92	4,4
XX.....	178	30	160	22	106	7,6
XXV.....	200	45	185	31	121	11,5
XXX.....	220	60	205	45	133	16
XL.....	255	96	245	80	155	26
L.....	280	130	275	120	172	38
LX.....	298	165	300	160	185	49

Résumé schématique de la croissance en longueur (L) et en poids (P) chez *Acipenser sturio* de la Gironde, *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent

TABLEAU 43

Croissance en longueur totale (L en cm) et en poids (P en kg) de quelques Acipensérídés : *Acipenser guldenstaedti* de la Caspienne d'après PETROV (1927); *Acipenser ruthenus* du Danube d'après JANKOVIC (1958); *Acipenser baeri* de l'Ienissei (Sibérie) d'après KOJINE (1949); *Huso huso* de la mer d'Azov d'après TCHUGUNOVA (1940).

Age	*Acipenser guldenstaedti*			*Acipenser ruthenus*					*Huso huso*		*Acipenser baeri*	
				Longueur			Poids					
	N	L	Extrêmes	N	L	Extrêmes	N	P	L	P	L	P
I	63	28	15– 45	712	25,8	23,4–28,1	363	0,14	37	0,5		
II	63	42	25– 55	672	37	34,8–43,4	366	0,24	66	2		
III	61	55	45– 65	592	43,7	41,2–48,5	752	0,37	87			
IV	62	66	55– 85	501	48,3	44,7–52,2	230	0,54	101	10		
V	62	76	55– 95	345	52,9	48,9–57,4	115	0,80	115	15,5	55	0,6
VI	63	84	65–105	192	57,2	53,6–62	52	0,91	125	18	58	0,6
VII	63	92	65–115	100	60,6	56,2–65,9	47	1,19	134	21,5	65	0,9
VIII	71	99	75–115	41	62,7	58,7–69,8	20	1,46	150	29,5	69	0,9
IX	62	107	85–125	14	66,1	60 –73,7	17	1,81	158	38,5	69	1,2
X	72	112	85–135	3	71		6	1,86	166	45,5	71	1,3
XI	49	117	95–145	1	71		3	1,65			71	1,4
XII	49	124	105–145				2	2,37			72	1,6
XIII	37	128	105–145	1	74		2	3,03			72	1,9
XIV	29	131	115–155						174	48	80	2
XV	23	135	115–155								85	2,7
XVI	14	140	125–155									
XVII	8	149	135–165						193		93	4
XVIII	4	153	145–165								94	
XIX	2	155	145–165									4,4
XX	1	155							226		96	4,5
XXI	1	155										
XXII	1	165							240			

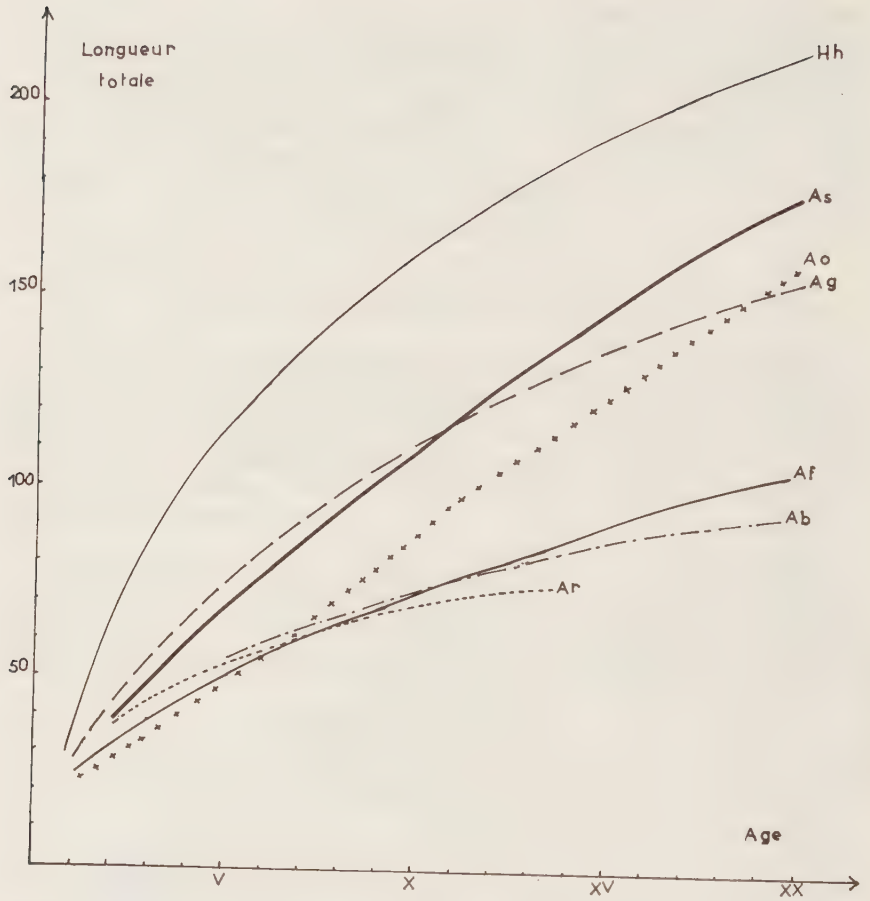


Fig. 48. — Croissance comparée des divers Acipensérídés d'après les données des tableaux 42 et 43 : *Huso huso* (Hh); *Acipenser sturio* (As); *Acipenser oxyrhynchus* (Al); *Acipenser guldenstaedti* (Ag); *Acipenser fulvescens* (Af); *Acipenser baeri* (Ab); *Acipenser ruthenus* (Ar).

Caractères communs aux trois espèces

La croissance des trois espèces *Acipenser sturio, Acipenser oxyrhyncus* et *Acipenser fulvescens* présente plusieurs caractères communs :

1° Ils grandissent toute leur vie même après avoir atteint la maturité sexuelle. Ce fait n'est d'ailleurs pas propre aux esturgeons, il se réalise chez la plupart des poissons et même chez certains mammifères aquatiques comme les baleines (Bidder, 1932).

2° Comme chez la plupart des poissons aussi, le taux de croissance diminue régulièrement après une période plus ou moins longue de croissance rapide. Cette diminution du taux de croissance semble s'accentuer à partir de la première maturité sexuelle.

3° La longévité des esturgeons est très grande et, du fait de leur croissance continue durant toute leur vie, ils atteignent des tailles imposantes. Les records que nous avons observés sont 42 ans (255 cm) pour *Acipenser sturio*, 60 ans (267 cm, 160 kg) pour *Acipenser oxyrhynchus* et 55 ans (181 cm, 36 kg) pour *Acipenser gulvescens*. Mais ces poissons peuvent atteindre des tailles beaucoup plus grandes. L'*Acipenser oxyrhynchus* que nous avons étudié est cité cependant comme le record de taille dans le Saint-Laurent (Vladykov, 1955). Letaconnoux (1961) a examiné un *Acipenser sturio* de 325 cm (215 kg) qui pourrait avoir, d'après la formule de croissance en longueur établie pour cette espèce, environ 85 ans. La plus grande taille signalée pour l'*Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent serait 229 cm (96 kg) d'après Vladykov (1955 *b*) : ce poisson aurait 116 ans après l'équation théorique de croissance en longueur de cette espèce. On a cité un *Acipenser fulvescens* de 152 ans (205 cm) dans le lac de Woods (Anonyme, 1954).

Cette longévité nous semble bien supérieure à celle de tous les autres poissons. Il faut écarter évidemment la légende des carpes plusieurs fois centenaires. D'après les études critiques de Flower (1925, 1935) et de Bourlière (1946) on peut retenir comme âge maximum atteint par les poissons les données suivantes : 60 ans pour *Silurus glanis*, 55 ans pour *Anguilla anguilla*, 47 ans pour *Cyprinus carpio*. La longévité des poissons en aquarium nous donne aussi quelque idée de la durée de leur vie : d'après Nigrelli (1959) le record serait atteint par un *Acipenser ruthenus* (69 ans); viendraient ensuite *Cyprinus carpio* (38 ans), *Amia calva* et *Lepisosteus osseus* (30 ans), *Acipenser fulvescens* (23 ans).

4° Nous avons entrevu au cours de cette étude l'influence possible de quelques facteurs physico-chimiques du milieu sur la croissance. Il est évidemment difficile de dissocier en laboratoire et à plus forte raison dans la nature les multiples facteurs intervenant dans la croissance des poissons (Brown, 1957). D'une façon constante cependant et chez les trois espèces, nous avons remarqué que l'influence de la température était primordiale. Pour les esturgeons d'eau douce un autre facteur vient interférer avec le facteur température : les esturgeons vivant dans les rivières et les fleuves ont une croissance moins rapide que ceux qui vivent dans les lacs. Chez les esturgeons migrateurs nous avons étudié l'influence du passage de l'eau douce à l'eau saumâtre : ce passage semble s'accompagner d'une légère augmentation de la croissance mais ce phénomène est beaucoup moins net que chez les saumons (Brown, 1957) : chez les esturgeons, en effet, ce passage d'un milieu à l'autre est progressif comme nous le verrons plus loin.

5° Tous ces facteurs étant égaux les esturgeons présentent encore de grandes variations individuelles de croissance en longueur et des variations plus grandes encore en poids.

6° Chez les trois esturgeons que nous avons étudiés nous n'avons pas décelé de différence de croissance entre les mâles et les femelles. On trouve cependant souvent dans la littérature l'affirmation que les esturgeons mâles grandissent moins vite que les femelles. Cette affirmation se base sur le fait que, en général, les mâles capturés sont plus petits que les femelles. Cette différence de taille

peut s'expliquer par une longévité moindre des mâles comme cela a été constaté chez le brochet *Esox masquinongy* du Canada (Hourston, 1952). Pour les *Acipenser sturio*, Classen (1944) émet une autre hypothèse : les mâles ont une longévité sexuelle moindre et dès qu'ils ont perdu leur faculté reproductrice ils ne remontent plus les rivières. Cette hypothèse est très plausible comme nous le verrons au chapitre V.

Différences observées dans la croissance des trois espèces

On observe des différences très nettes entre l'espèce d'eau douce et les deux espèces migratrices :

1° La croissance est nettement plus faible chez l'*Acipenser fulvescens* que chez les deux autres espèces. La nourriture moins abondante en eau douce qu'en eau saumâtre ou eau de mer semble être la cause principale de cette différence. En effet, les différences génétiques semblent secondaires si l'on compare les *Acipenser oxyrhynchus* et les *Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent dans leur jeune âge au moment où ils vivent dans le même milieu d'eau douce : les *Acipenser fulvescens* dans leur première année grandissent plus vite que les *Acipenser oxyrhynchus* : le rapport sera renversé dès que ces derniers pénètreront dans les eaux saumâtres.

2° Les cycles annuels de croissance seront beaucoup plus marqués chez les esturgeons d'eau douce que chez les esturgeons migrateurs : en d'autres termes, les deux phases de croissance lente (hivernale) et rapide (estivale) sont beaucoup plus nettes chez les premiers. Cela se traduit sur les coupes de rayons de pectorales par des zones de croissance beaucoup plus tranchées chez *Acipenser fulvescens* que chez *Acipenser sturio* ou *Acipenser oxyrhynchus*. Ceci peut s'expliquer par les caractères physiques et biotiques des deux milieux : la température des eaux douces et par le fait même la capacité biogénique de ces eaux sont beaucoup plus soumises aux variations saisonnières de température que les eaux profondes des estuaires ou de la mer.

3° Les esturgeons d'eau douce présentent une croissance beaucoup plus régulière tout au long de leur vie que les deux espèces migratrices. On ne rencontre pas sur leur courbe de croissance les points d'inflexion que l'on trouve chez les deux autres.

Cette différence, comme les deux précédentes d'ailleurs, est très certainement due à une différence dans le fonctionnement endocrinien. Le rôle des hormones sur la croissance est bien connu chez les Vertébrés supérieurs. L'existence d'une hormone hypophysaire de croissance a été mise en évidence chez les poissons par Pickford (1953, 1954) chez *Fundulus heteroclitus* et par Vivien (1941) chez *Gobius*. Le rôle morphogénétique de l'hormone thyroïdienne est aussi bien établi (Fontaine, 1953). L'action de la thyroxine sur le développement post-embryonnaire a été étudiée sur l'esturgeon *Acipenser stellatus* par Gerbilskii et Saks (1947). Ces auteurs se sont bornés cependant à l'étude du développement des écussons. D'autre part, le rôle des hormones

dans la migration des poissons est aussi bien établi (cf. III[e] Partie, chap. III). Bien qu'aucune étude n'ait été entreprise sur ce sujet chez les trois esturgeons examinés, il semble que l'on puisse déduire de ces observations générales que l'esturgeon sédentaire *Acipenser fulvescens* est un poisson à métabolisme général réduit. Chez ce dernier le système endocrinien fonctionne au ralenti, alors que chez les migrateurs : *Acipenser sturio* et *Acipenser oxyrhynchus* l'activité hormonale intense provoque de profondes perturbations dans le métabolisme général, perturbations se traduisant en particulier par des modifications de croissance et un besoin de changement de milieu.

Si les différences entre les croissances de l'espèce sédentaire d'une part, et la croissance des deux espèces migratrices d'autre part, sont nettes et bien tranchées, il est par contre plus difficile d'établir avec la même certitude des différences entre les deux espèces migratrices. La croissance de l'*Acipenser sturio* est bien établie; celle de l'*Acipenser oxyrhynchus* à partir de l'âge de 20 ans est connue avec beaucoup moins de précision, parce que déduite d'un matériel très réduit.

En nous basant sur nos résultats résumés dans le tableau 42, les croissances de ces deux espèces apparaissent bien différentes. En effet, depuis la première année jusqu'à l'âge de 15 ans, la croissance de l'*Acipenser oxyrhynchus* est nettement plus faible que celle de l'*Acipenser sturio*. Le rapport est ensuite inversé : l'*Acipenser oxyrhynchus* grandit plus vite que l'*Acipenser sturio* si bien qu'à 60 ans les deux esturgeons auraient sensiblement la même taille et le même poids. La représentation graphique des deux croissances en longueur serait deux courbes qui s'éloigneraient l'une de l'autre dans les premières années pour se rapprocher ensuite et se rencontrer finalement à 60 ans. Cette différence étayée par un plus grand nombre d'observations pour l'esturgeon canadien serait un bon critère de différenciation spécifique des deux *Acipenser sturio* et *oxyrhynchus*.

Comparaison avec d'autres Acipensérídés

Nous avons donné dans le tableau 43 les croissances en longueur de 4 esturgeons de différentes espèces et vivant dans des milieux différents : un *Huso* : l'*Huso huso*, l'énorme « belouga » de la mer d'Azov d'après Tchugunova (1940) et trois *Acipenser* dont un migrateur de la mer Caspienne *Acipenser guldenstaedti* d'après Petrov (1927) et deux esturgeons d'eau douce : l'*Acipenser ruthenus* du Danube d'après Jankovic (1958) et l'*Acipenser baeri* de l'Ienissei en Sibérie d'après Kojine, (1949). Nous avons ajouté à ce tableau, quand nous possédions ces données, les croissances en poids et les valeurs extrêmes observées. La croissance en longueur de ces divers Acipensérídés est illustrée dans la figure 48.

On retrouve chez tous ces Acipensérídés la plupart des résultats que nous avons obtenus chez les trois espèces étudiées :

1° *La croissance continue durant toute la vie;*

2° *La diminution de la croissance après la première maturité sexuelle.* Elle est signalée en particulier chez les sterlets par Jankovic (1958);

3° *La grande longévité et en conséquence la grande taille* que peuvent atteindre ces poissons. Le record de taille chez les poissons est certainement (tenu par *Huso hoso :* il peut atteintre 9 m avec un poids de 1 300 kg (1) Ces poissons doivent être très vieux car un belouga de 4,2 m a déjà 75 ans. (Tchalikov, 1949). On a signalé des *Acipenser guldenstaedti* de 46 ans et plus (Loukine, 1949). Le sterlet peut devenir très vieux comme le montre sa longévité en aquarium citée plus haut; le plus vieux dont l'âge ait été déterminé expérimentalement avait 22 ans (Loukine, 1949); cet esturgeon ne semble pas dépasser la taille de 125 cm et un poids de 16 kg. L'esturgeon de Sibérie: *Acipenser baeri* mesure, à 34 ans, 182 cm et pèse 34 kg : il peut atteindre 3 m (Kojine, 1949).

4° *Les variations de croissance avec les localités.*

Les mêmes espèces vivant dans des milieux différents présentent des croissances différentes. Nous ne citerons qu'un exemple, le sterlet *Acipenser ruthenus* de la Kama, affluent de la Volga, a une croissance moins rapide que celui du Danube (Chmidtov, 1939). Jankovic (1958) met en parallèle cette croissance plus ou moins rapide avec la longueur plus ou moins grande de la période de végétation;

5° *La grande variabilité de la croissance individuelle.* Le tableau 43 montre cette variabilité chez les deux espèces dont nous connaissons les fluctuations autour de la moyenne : l'*Acipenser ruthenus* et l'*Acipenser guldenstaedti;*

6° *La croissance identique des mâles et des femelles :* cette identité de la croissance est affirmée par Petrov (1927) pour l'*Acipenser guldesntaedti* et par Jankovic (1958) pour l'*Acipenser ruthenus.*

7° *La croissance moins rapide des esturgeons d'eau douce;* cela ressort particulièrement de l'examen du graphique de la figure 48. Les trois espèces d'eau douce : *Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent, *Acipenser baeri* de Sibérie, et *Acipenser ruthenus* du Danube ont une croissance nettement plus faible que les autres espèces migratrices sauf cependant dans les premières années de leur vie.

Aucun auteur ne signale les deux différences que nous avons notées entre les espèces d'eau douce et les espèces migratrices : les cycles annuels de croissance lente et rapide plus marqués, et la croissance générale plus régulière chez les esturgeons sédentaires.

(1) On a cité des exemplaires de 2 000 kg.

CHAPITRE II

MIGRATIONS

Cette étude sera évidemment plus importante chez les espèces migratrices anadromes : *Acipenser sturio* et *Acipenser oxyrhynchus,* que chez l'espèce sédentaire *Acipenser fulvescens*. Nous envisagerons pour les premiers, non seulement la migration reproductrice de fraye mais aussi la descente des jeunes vers les eaux douces et saumâtres et leurs déplacements en mer jusqu'à la maturité sexuelle. Les déplacements des esturgeons d'eau douce auront évidemment une plus faible amplitude et seront traités rapidement.

MÉTHODES ET DIFFICULTÉS

Une connaissance précise de la composition exacte de la population des esturgeons dans toute leur aire d'extension et des modifications de cette composition au cours de l'année permettrait de résoudre complètement le problème. Mais la principale difficulté de cette étude provient précisément de la difficulté de connaître exactement la structure de la population en un point à cause de la sélection opérée dans les captures par les engins de pêche. (Cf. I^re^ Partie, chap. III). Des captures nombreuses, effectuées en un même point, à des saisons différentes, par des méthodes diverses, seraient nécessaires pour constituer un échantillonnage permettant d'estimer avec une sécurité convenable les caractéristiques de la population en ce point.

C'est certainement à cause de ces difficultés que l'on a donné jusqu'à présent un schéma trop simpliste des mouvements de ces poissons. Il faut avouer que nous ne connaissons encore que peu de choses de ce problème chez les esturgeons étudiés et particulièrement chez les esturgeons migrateurs. Nos données personnelles sont souvent fragmentaires : elles nous permettent cependant de préciser certains points essentiels des déplacements de ces poissons au cours de leur vie.

Une deuxième méthode d'étude des déplacements des poissons est évidemment le marquage. Cette méthode, plus séduisante à première vue que la précédente, n'apportera cependant des éléments valables que si elle a été faite sur une très grande échelle. Les renseignements qu'elles apporte viendront alors compléter les données de la première méthode. Nous utiliserons les résultats des marquages effectués chez les deux esturgeons canadiens.

ACIPENSER STURIO DE LA GIRONDE

Roule (1922, 1934) a donné un rapide schéma de la vie de l'esturgeon de la Gironde : le jeune alevin éclos en eau douce descend très vite vers l'estuaire (première phase potamique juvénile); à 2 ans il a atteint la taille de 1 m et gagne les régions profondes de la mer (deuxième phase thalassique trophique); il reviendra à la maturité pour frayer (troisième phase potamique génétique). Nous avons déjà critiqué l'opinion de Roule sur la croissance des esturgeons girondins. La description des migrations est aussi trop imprécise, trop simpliste, comme nous allons le voir dans l'étude des grandes étapes de la vie de ce poisson migrateur.

1. La migration reproductrice

Il semble que l'*Acipenser sturio* effectue presque toujours de très grandes migrations pour regagner les lieux de fraye. Nous allons donner les points de remontée extrêmes de ces poissons dans les fleuves d'Europe où ils vivent encore actuellement mais aussi dans les fleuves où ils se trouvaient autrefois. Ces points ont été portés sur la carte de la figure 3. Dans le Niémen on le pêchait jusqu'à Drouskenik (Tchalicov, 1949), dans la Vistule jusqu'à Cracovie (Kulmaticki, 1933), dans l'Oder jusqu'à Breslau, dans l'Elbe jusqu'en Bohême, dans la Weser jusqu'au confluent de la Verra et de la Fulda (Sterner, 1819; Ehrenbaum, 1894, 1913, 1916; Kulper, 1921), dans le Rhin jusqu'à Bâle (Meyer, 1950), dans la Moselle jusqu'à Metz et même Pont-à-Mousson (Dumeril, 1810; D.S.N., 1819) dans la Seine et l'Yonne jusque vers Auxerre (Moreau, 1881), dans la Loire jusque vers Orléans (Belon du Mans, 1551), dans la Garonne jusqu'à Toulouse (Roule, 1922), dans le Guadalquivir jusqu'à Lora del Rio, dans le Rhône, la Saône et le Doubs jusqu'à Dôle (D.S.N., 1819), dans le Tibre jusqu'à Todi, (D'Ancona, 1926), dans le Pô jusqu'à Turin (Pavesi, 1907; d'après d'Ancona, 1926).

Les exceptions à cette règle générale sont rares : les *Acipenser sturio* de la mer Noire pourraient frayer dans les eaux saumâtres du Danube (Antipa, 1905) et du Rion (Tchalicov, 1949). D'Ancona (1926) n'élude pas cette possibilité pour certains esturgeons du golfe de Salerne en Méditerranée.

Pour la Gironde, en tous les cas, nous n'avons décelé aucun indice pouvant favoriser cette hypothèse d'une fraye en eau saumâtre. La ponte se fait en eau douce. Nous allons essayer de préciser les lieux de fraye, nous étudierons ensuite la période de ponte, les facteurs internes et externes déclenchant ces migrations, le rapport des sexes parmi les migrateurs, et enfin quelques cas exceptionnels.

A. Frayères.

Les frayères seraient parfaitement délimitées par le repérage des œufs fraîchement pondus ou encore par la présence de jeunes alevins. Nous avons effectué des draguages en divers points susceptibles de nous donner ces éléments, mais sans succès. Ehrenbaum (1923), le seul auteur qui ait étudié

ce problème ches l'*Acipenser sturio*, signale son insuccès dans une opération semblable. Nous sommes donc réduit à émettre des hypothèses sur la position des lieux de ponte des esturgeons girondins. Nous nous sommes basé, pour résoudre cette question, d'une part sur l'étude de l'extension des migrations et d'autre part sur la configuration du lit des fleuves : nous avons recherché des endroits où sont réalisées les conditions physico-chimiques favorables au développement des œufs d'esturgeons d'après les renseignements que nous avons sur d'autres espèces.

Les fonds les plus propices à l'éclosion des œufs d'esturgeon sont en général profonds, caillouteux et bien oxygénés : les points qui semblent répondre à ces exigences diverses pourraient se trouver sur la Garonne entre La Réole et Agen (Vibert, 1945) ou bien entre Langon et Marmande, et en Dordogne dans toute la portion de rivière comprise entre les grandes courbes en aval de Libourne et Bergerac. Il semble d'ailleurs que la fraye soit très étendue dans l'espace de même qu'elle est très étendue dans le temps.

B. Époque de la fraye.

L'époque de la fraye sera déterminée avec plus de précision car nous possédons des éléments plus nombreux pour résoudre cette question. En plus du matériel récolté par nous personnellement, nous avons en effet utilisé les registres des pêches tenus durant plusieurs années par les pêcheurs ou les fabriquants de caviar (1).

TABLEAU 44

Dates	1957	1958	1959	1960	1961	Total	%
Mars 21-31....	1		1	2	8	12	1,41
Avril 1-10....	6		3	8	8	25	2,94
11-20....	8	5	3	10	14	40	4,70
21-30....	21	31	5	28	17	102	11,98
Mai 1-10....	16	73	18	24	22	153	17,98
11-20....	21	48	48	43	23	183	21,50
21-31....	37	38	16	19	18	128	15,04
Juin 1-10....	34	32	25	17	10	118	13,87
11-20....	19	26	6	9	2	62	7,28
21-30....	7	7	8	6		28	3,29
Total.....	170	260	133	166	122	851	99,99

Distribution de fréquence des captures d'*Acipenser sturio* matures effectuées dans l'ensemble du bassin hydrographique : Gironde, Garonne, Dordogne durant les mois de pêche

(1) En particulier M. Sutra, exploitant de caviar, à Talence, et M. E. Magot, ancien pêcheur, à Gauriac.

Nous avons calculé tout d'abord le nombre d'esturgeons matures capturés tous les dix jours, du 20 mars au 30 juin, dans l'ensemble hydrographique Garonne-Gironde-Dordogne durant les années 1957 à 1961. La répartition de ces 851 spécimens résumée dans le tableau 44 et illustrée par l'histogramme de la figure 49 donne la composition de l'ensemble de la population adulte qui a pénétré dans le fleuve pour frayer.

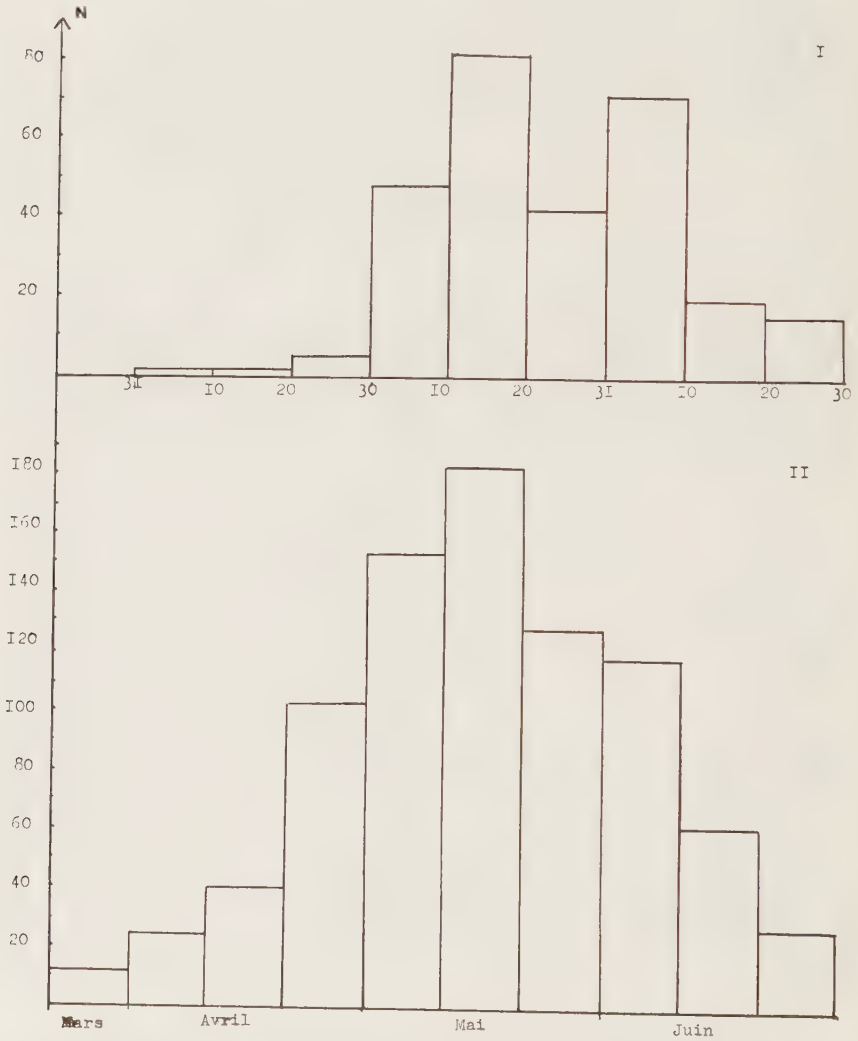


Fig. 49. — Histogramme de fréquence des captures d'*Acipenser sturio* pendant la période de migration reproductrice.

I. Dans les eaux douces de la Garonne et de la Dordogne.

II. Dans l'ensemble du réseau hydrographique : Gironde, Garonne, Dordogne.

N = Nombre de specimens.

La répartition des captures est légèrement différente suivant les années : l'entrée dans le fleuve peut se faire plus ou moins tôt ; le maximum peut osciller entre des dates plus ou moins décalées par rapport à la moyenne générale ; la migration peut se faire sur une période plus ou moins étalée. On peut cependant schématiser ainsi le déroulement de cette migration : elle commence vers le 20 mars, (à part quelques exceptions), elle augmente durant le mois d'avril, elle atteint le maximum en général du 10 au 20 mai, elle diminue ensuite durant le mois de juin. Nous avons peu de données pour le mois de juillet, car la pêche à l'esturgeon est alors interdite. Il est bien évident cependant, d'après les données du tableau 45 et d'après l'allure générale de l'histogramme de la figure 49, qu'il reste très peu d'adultes en rivière durant ce mois. Ceci est d'ailleurs confirmé par le très petit nombre de captures effectées du 1er au 15 juillet 1957 et 1958, années où la période de pêche a été prolongée de quinze jours.

Pour préciser la date de ponte effective nous avons analysé la répartition des captures d'esturgeons mûrs sur les lieux de fraye. Le tableau 45 donnant ces résultats est illustré par l'histogramme de la figure 49. Les données sont moins nombreuses (290 spécimens) et les variations sont grandes suivant les années. Il semble cependant que le maximum de captures se situe entre le 10 mai et le 10 juin, période qui peut être considérée comme la période de ponte la plus probable.

TABLEAU 45

Dates	1957	1958	1959	1960	1961	Total	%
Avril 1–10....	2					2	0,69
11–20....	1				1	2	0,69
21–31....	1		2	1	1	5	1,72
Mai 1–10....		28	3	12	5	48	16,55
11–20....	7	21	20	24	10	82	28,28
21–31....	14	7	8	9	5	43	14,83
Juin 1–10....	25	22	17	5	3	72	24,83
11–20....	6	8	3	1	2	20	6,90
21–30....	6	3	6	1		16	5,52
Total.....	62	89	59	53	27	290	100

Distribution de fréquence des captures d'*Acipenser sturio* matures effectuées dans les eaux douces de la Garonne et de la Dordogne durant les mois de pêche : avril, mai, juin

On peut donc résumer ainsi la migration anadrome des esturgeons de la Gironde :

février-mars : montée de quelques précurseurs.
avril-mai : pénétration massive dans l'estuaire.

10 mai-10 juin : ponte sur les frayères.
juin : descente en mer.
juillet : il ne reste presque plus de géniteurs dans le fleuve.

C. Facteurs des migrations.

Il est très probable que, comme chez la plupart des poissons migrateurs, le déclenchement des migrations est provoqué à la fois par des facteurs externes et des facteurs internes (Fontaine, 1948 *b*, 1951, 1957). Les auteurs russes se sont surtout appliqués à déterminer les facteurs externes hydrométéorologiques. Ils attribuent une influence particulièrement grande à la direction et à la force du vent, au niveau de l'eau dans les rivières, à la turbidité des eaux des fleuves, et à la température de l'eau (Rostami, 1961). On a signalé aussi l'influence des marées sur les migrations des *Acipenser sturio* du Guadalquivir (Classen, 1944) et de la Meuse (Vehrey, 1949).

TABLEAU 46

Lieu	Période de remontée	Période de ponte	Référence
Mer Baltique :			
Vistule	Début en avril-mai.	Juin-juillet.	Tchalicov 1949.
Mer du Nord :			
Elbe	Début fin avril.	Juin-juillet.	Ehrenbaum 1921-23.
Meuse	Début en mai. Maximum 20-27 juin.	Juin-juillet.	Verhey 1949.
Atlantique :			
Gironde	Début en mars. Maximum avril-mai.	10 mai-10 juin.	Observ. personnelles.
Guadalquivir	Début en février. Maximum mars-avril.	Avril.	Classen 1944.
Mer Noire :			
Rion	Début en avril.	Mai.	Nikolski 1957.
Danube	.....	Avril-mai.	Antipa 1934.
Méditerranée :			
Rhône	Avril-mai.	Fin printemps.	Roule 1922.
Tibre	Printemps.	.....	D'Ancona 1926.
Adriatique :			
Pô	Début en mars. Maximum fin avril.	.....	Paccagnela 1948.

Époque de fraye de l'*Acipenser sturio* dans différents fleuves d'Europe

Nous n'avons pas étudié de près l'influence de ces divers facteurs sur la remontée des *Acipenser sturio* de la Gironde. Nous nous contenterons de comparer les périodes de ponte de cette espèce dans toute son aire d'extension européenne ce qui met en évidence le rôle indéniable de la température sur le déclenchement des migrations. En effet, le tableau 46 qui résume ces données montre que la période de pénétration dans les rivières et la période de ponte sont de plus en plus tardives à mesure que nous nous dirigeons vers les pays froids. Ceci est particulièrement net en comparant le Guadalquivir, la Gironde et les rivières de la mer du Nord et de la Baltique pour lesquelles nous avons d'ailleurs les données les plus précises.

D. Le sex-ratio des esturgeons durant la migration.

Roule (1922) et Vibert (1945) affirment que les mâles sont beaucoup plus nombreux que les femelles, 20 fois plus nombreux même, précise le dernier auteur. Les proportions actuelles sont renversées si l'on en juge sur les spécimens que nous avons observés nous-même entre 1958 et 1961 (tableau 47). Nous avons en effet 26 % de mâles et 74 % de femelles. Classen (1944) signale aussi dans le Guadalquivir le faible pourcentage des mâles.

TABLEAU 47

Sexe	Nombre de spécimens				
	1958	1959	1961	Total	%
Mâle.....	12	11	2	25	26
Femelle.....	37	25	9	71	74
Total.....	49	36	11	96	100

Proportion des sexes chez les esturgeons de la Gironde en période de migration de fraye

Ce dernier auteur attribue ce résultat non à un déséquilibre de la population mais au mauvais échantillonnage effectué avec les engins de pêche : les mâles, plus agiles et plus légers que les femelles, nagent en pleine eau et échappent ainsi aux palangres placées près du fond. Cette explication, si elle est valable pour les palangres du Guadalquivir, serait aussi valable pour les tramails dérivants qui ratissent le fond de la Gironde.

D'autre part, le nombre relativement faible d'individus que nous avons examinés personnellement risque de fausser les proportions réelles. Nous ne pouvons pas nous baser ici sur le registre des captures des pêcheurs : en effet, ces derniers appellent mâles tous les poissons qui n'ont pas de caviar, donc les mâles mais aussi les femelles immatures.

Compte tenu cependant de ces diverses causes d'erreurs, il nous semble qu'actuellement il y a une très faible proportion de mâles parmi les esturgeons qui remontent ce fleuve pour frayer. Ce fait peut être dû en partie à la longévité sexuelle moindre des mâles dont nous avons parlé au chapitre précédent et sur laquelle nous reviendrons au chapitre V : les mâles qui ont perdu leur capacité reproductrice resteraient en mer. Mais ce fait ne semble expliquer que partiellement le faible pourcentage des mâles parmi les géniteurs en migration de reproduction.

E. Cas exceptionnels.

Nous ne parlerons pas ici des individus plus ou moins précoces dans leur remontée vers les frayères mais uniquement de quelques individus mâles et femelles dont les glandes génitales sont arrivées à maturité et qui se trouvent dans les eaux franchement saumâtres de l'estuaire entre les Callonges et Mortagne durant le mois d'août.

Ces poissons ne remonteront pas en eau douce pour frayer : on n'a jamais signalé de captures aussi tardives dans les eaux douces. Ils ne restent pas non plus dans le fleuve durant l'hiver comme certaines races biologiques définies, chez quelques esturgeons russes, par Berg (1934), Gerbilskii (1950) car on ne les retrouve plus dans l'estuaire durant l'hiver. Il ne semble pas enfin qu'ils puissent frayer en eau saumâtre.

Il nous semble plutôt que ces poissons fassent partie de la remontée plus tardive des jeunes immatures dont nous parlerons plus loin. Ils retournent en mer comme eux et effectueront la migration de fraye l'année suivante.

2. Descente des jeunes vers la mer et vie en mer

Les jeunes *Acipenser sturio* nés en eau douce descendent vers les eaux saumâtres des estuaires et gagnent ensuite la mer. On ne connaît que très peu de choses sur cette descente des jeunes vers les eaux salées et leur adaptation dans ce nouveau milieu. Les données bibliographiques sont, sur ce sujet, souvent contradictoires et il est impossible, à partir de ces seules données, de se faire une idée de ce problème (Mohr, 1958).

En effet, on a signalé en eau douce des esturgeons de 2 ans (D'Ancona, 1926, dans le Tibre), ou même 3 ans (Paccagnella, 1948, dans le Pô) ce qui semblerait prouver que les alevins restent longtemps en eau douce avant de pénétrer dans les eaux saumâtres. D'après Berg (1948) les *Acipenser sturio* du lac Ladoga effectueraient même tout leur développement en eau douce; ils ne descendraient jamais dans les eaux saumâtres du golfe de Finlande et de la Baltique.

D'autres auteurs, par contre, signalent dans les eaux saumâtres des estuaires la présence de petits spécimens n'ayant pas plus de un an : Ehrenbaum (1923) dans l'Eider et l'Elbe; Paolucci (1901) d'après D'Ancona (1926) dans l'Esino. D'après ces constatations, les jeunes descendraient très rapidement vers les eaux saumâtres, à moins d'admettre que la ponte s'effectue en

eau saumâtre. Cette dernière hypothèse n'est pas exclue par Antipa (1905) pour les esturgeons de la mer Noire et par D'Ancona (1926) pour les esturgeons du golfe de Naples.

La même confusion règne dans les appréciations du temps pendant lequel les jeunes restent en eau saumâtre avant de rejoindre la mer. Paccagnella (1948) cite des esturgeons de 60-70 cm (4 ans) dans l'Adriatique à l'embouchure du Pô. Ehrenbaum (1923) pense qu'ils atteignent la mer dans la troisième-quatrième année mais d'après ses données de longueur il faudrait plutôt dire la cinquième année. Roule (1922) pense que les esturgeons de la Gironde restent dans l'estuaire jusqu'à la taille de 1 m c'est-à-dire jusque vers 9 ans (et non 2 ans comme le pense cet auteur) mais pour le même bassin Letaconnoux (1961) signale les captures en mer très inférieures à 1 m.

Nos données personnelles présentent, à première vue, les mêmes contradictions : nous avons observé un jeune esturgeon de 1 an en eau franchement saumâtre, alors que nous avons trouvé en eau douce dans la Garonne à 20 km en amont de Bordeaux un esturgeon de 3 ans. La confusion est totale si l'on examine en bloc toutes nos observations effectuées dans les eaux saumâtres de l'estuaire : nous y trouvons en effet des esturgeons de tous les âges, de toutes les tailles et à des degrés divers de maturité sexuelle.

Pour débrouiller ce problème complexe, il faut, comme nous le disions plus haut, examiner la structure de la population des esturgeons dans les différents points de leur aire d'extension : eau douce, eau saumâtre et océan, et ensuite son évolution au cours de l'année. Nous avons procédé à des sondages aux différents mois de l'année, en différents point du fleuve, de l'estuaire et en mer, depuis l'embouchure de la Gironde jusqu'à La Rochelle. Les témoignages concordants et vérifiés de nombreux pêcheurs nous ont apporté aussi des éléments de solution. Les données de Letaconnoux (1961) sur la distribution et la fréquence de pêche d'esturgeons effectuées par les chalutiers de La Rochelle de 1947 à 1959 nous apportent un supplément d'information important (251 spécimens). Enfin, les résultats que nous avions obtenus avec l'*Acipenser oxyrhynchus* par les données du marquage (Magnin et Beaulieu, 1961) ont permis d'orienter nos recherches.

Nous allons résumer brièvement les résultats de ces recherches en décrivant d'abord la descente des jeunes vers la mer, leur répartition en mer en hiver, et enfin l'évolution de cette population d'esturgeons marins en cours d'année; nous étudierons ensuite plus en détail les caractéristiques des déplacements saisonniers observés.

Les alevins descendent très vite vers les eaux saumâtres où ils se trouvent certainement dès l'âge de un an. Ils pénètrent progressivement dans les eaux de plus en plus salées de l'estuaire et à 4 ans (60 cm) ils se trouvent en mer. Là, ils se répartissent de part et d'autre de l'estuaire : quelques-uns se dirigent vers le sud le long des côtes du Verdon mais la plupart se dirigent vers le nord, le long des côtes de l'île d'Oléron et de l'île de Ré.

Là encore, l'adaptation aux eaux marines semble progressive. Les plus jeunes, de 50 cm à 1 m, se trouvent sur les fonds de moins de 20 m, là où la salinité est moindre : 32 °/$_{oo}$ environ (cf. I^{re} partie, III). Ils descendent ensuite sur les

fonds de 20 à 50 m où la salinité peut atteindre 33 °/₀₀, c'est là que Letaconnoux signale la majorité des captures d'esturgeons de 100 à 150 cm de longueur. Il semble que cette pénétration dans la mer continue à se faire progressivement pour les tailles plus grandes bien que les données se fassent plus rares : les tailles des esturgeons capturés en pleine mer sont en général supérieures à 2 m, par exemple les esturgeons signalés par Furnestin et Coll. (1958) au large du Maroc qui ont été pêchés à 110 et 130 m de profondeur.

Cette répartition des esturgeons en mer est celle que l'on trouve effectivement durant les mois de novembre à février. Durant ces mêmes mois il n'y a plus d'esturgeons dans les eaux douces alors que dans les eaux saumâtres entre Mortagne et Talmont se trouvent les jeunes qui ont moins de 3 ans.

Cette répartition n'est pas stable : on assiste en effet durant les mois suivants à des déplacements importants de l'ensemble de ces esturgeons. En effet, les captures d'esturgeons marins se font de plus en plus rares à partir du mois de mars, pour devenir à peu près nulles durant les mois de juillet à septembre. Par contre, au même moment, se produit dans l'estuaire une remontée de jeunes esturgeons immatures bien connue des pêcheurs sous le nom de « mouvée de la Saint-Jean ».

Il y a donc une véritable migration saisonnière annuelle des esturgeons immatures bien différente de la migration reproductrice étudiée plus haut. En effet :

1° Elle se fait d'abord beaucoup plus tard vers la fin juin, ou même juillet et se termine fin septembre;

2° L'amplitude de cette migration est beaucoup plus faible ne dépassant pas les Callonges : elle se fait donc entièrement en eau saumâtre;

3° La composition de cette « mouvée » est très différente : les esturgeons que nous avons observé en août 1961 aux Callonges nous donnent une bonne idée de cette composition : nous avons observé 16 esturgeons de 57 à 86 cm, 7 femelles et 6 mâles immatures de plus de 1 m, et enfin deux femelles et un mâle matures.

Tous ces esturgeons regagnent la mer dès le mois de septembre : les captures en mer deviennent très nombreuses dès octobre.

Nous n'avons pas étudié les facteurs qui provoquent ces migrations massives annuelles de poissons immatures. Ce peut être simplement la recherche de la nourriture qui provoque le déplacement par bancs de nombreux poissons. La température a une action certaine sur le pouvoir de régulation osmotique : elle peut ainsi être à l'origine de déplacements de nombreux animaux marins (Wickgren, 1953). La variation de la salinité des eaux enfin peut aussi être citée comme facteur probable de ces migrations.

Quelles que soient les causes de ces déplacements, il ressort de cette étude que les *Acipenser sturio* affectionnent particulièrement les eaux saumâtres, caractère d'ailleurs commun à la plupart des Acipensérides comme nous le remarquions en conclusion de l'étude sur la répartition mondiale de cette famille. C'est aussi une espèce très euryhaline pouvant vivre aussi bien en

eau douce qu'en eau de mer, mais nous reviendrons plus tard sur ce caractère dans l'étude du milieu interne (Chap. V). Cette dernière étude éclairera d'ailleurs tout ce problème des déplacements d'*Acipenser sturio*.

ACIPENSER OXYRHYNCHUS DU SAINT-LAURENT

On ne connaît pratiquement rien des migrations de l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent. Ce fait est dû principalement à la difficulté de se procurer de gros spécimens matures : les pêches fixes que nous avons décrites dans la première partie prennent surtout de jeunes esturgeons immatures. Les gros esturgeons remontant le fleuve pour frayer doivent se tenir à une profondeur plus grande, loin du rivage. Les captures des adultes étant très rares, il sera difficile de préciser les caractéristiques de la migration reproductrice : il faudra utiliser les données bibliographiques non seulement sur l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent mais aussi sur l'*Acipenser oxyrhynchus* des différentes régions d'Amérique du Nord.

Les jeunes immatures sont par contre très abondamment pêchés et cela nous permettra de préciser les mouvements qu'ils effectuent dans l'estuaire. Les données du marquage viennent aussi apporter une information précieuse sur ce sujet.

1. La migration reproductrice

A. Frayères.

Dean (1894) est le seul auteur qui ait décrit l'aspect du frai déposé par les *Acipenser oxyrhynchus* dans leur milieu naturel : les œufs sont réunis en grappes allongées ou en rubans qui se fixent aux divers objets : tiges, plantes aquatiques, pierres et coquillages immergés dans la partie profonde du lit du fleuve. Les frayères de la rivière Delaware sont situées en eau douce au niveau de Philadelphie (Ryder, 1890) où se trouvent des fonds de pierres et de graviers (Borodin, 1925). Les esturgeons de cette rivière n'effectuent donc pas de migrations importantes : il semble qu'il en soit de même pour la plupart des *Acipenser oxyrhynchus* des rivières des États-Unis.

Dans le Saint-Laurent par contre, cette migration semble très importante. Vladykov (1955) place les frayères dans la rivière Batiscan, un affluent qui aboutit entre Lotbinière et Neuville (fig. 9). Il semble que l'*Acipenser oxyrhynchus* puisse remonter plus haut dans le fleuve lui-même puisqu'on l'a capturé en amont du lac Saint-Pierre (Cuerrier, 1946). Certains auteurs pensent même qu'il remonte jusqu'au confluent du fleuve et de la rivière Ottawa (Scott, 1954, Slastenenko, 1958). Il semble qu'il puisse aussi remonter pour la fraye les principaux affluents du fleuve et en particulier l'immense rivière Saguenay où l'on a signalé de jeunes esturgeons (Drainville et Brassard, 1961).

B. Sex-ratio.

La proportion des sexes ne peut se déduire évidemment des quelques captures du Saint-Laurent. Pour la rivière Delaware, Ryder (1890) semble donner la même proportion de mâles et de femelles, mais en 1925 Borodin signale une très faible proportion de mâles : 10 %. Il émet l'hypothèse signalée et discutée plus haut à propos de l'*Acipenser sturio,* à savoir que les mâles plus petits et plus légers échapperaient aux filets.

C. Période de fraye.

Comme chez l'*Acipenser sturio* européen la fraye devient de plus en plus tardive chez l'*Acipenser oxyrhynchus* à mesure que l'on se dirige vers le Nord. En effet, les esturgeons pénètrent dans la baie Chesapeake en avril (Hildebrand et Schroeder, 1928). Dans la rivière Delaware la remontée commence fin avril avec le maximum dans la deuxième quinzaine de mai (Borodin, 1925) : c'est durant cette période que les œufs sont les meilleurs pour la reproduction artificielle (Ryder, 1890; Dean, 1893). Dans le golfe du Maine la remontée se fait en mai-juin et même juillet (Bigelow et Schroeder, 1953). Il semblerait, par déduction à partir de ces résultats établis sur un nombre important de spécimens, que la période de fraye de l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent doive se situer en juin-juillet. Cette estimation nous semble meilleure que celle déduite de rares captures de géniteurs. En effet, nous avons vu dans l'étude de l'*Acipenser sturio,* que les variations individuelles étaient grandes, que certains géniteurs montaient à une période nettement antérieure ou nettement postérieure à la période principale de fraye. Il y a d'autre part chez *Acipenser oxyrhynchus,* comme chez l'*Acipenser sturio,* des cas exceptionnels que nous allons étudier.

D. Cas exceptionnels.

Borodin (1925) a signalé dans la rivière Delaware une femelle mature au moins d'août donc très nettement en dehors de la période de fraye. Cet auteur ne rejette pas l'hypothèse d'une seconde montée migratrice tardive, semblable à celle qui a été signalée pour certaines espèces russes. Bigelow et Schroeder (1953), se basant sur des captures semblables effectuées dans les eaux saumâtres du golfe du Maine, pensent que ces esturgeons pourraient pondre dans les eaux saumâtres : cela semblerait possible chez l'*Acipenser oxyrhynchus,* Dean (1893) ayant démontré que les eaux légèrement saumâtres ne nuisent pas au développement embryonnaire des œufs de cette espèce.

Il nous est difficile de prendre position sur cette question car nous ne connaissons pas les caractéristiques hydrobiologiques de ces milieux. Au sujet d'observations semblables sur *Acipenser sturio,* nous avions écarté ces deux hypothèses, nous pensions que les esturgeons attardés n'effectuaient pas une migration reproductrice mais suivaient simplement les mouvements saisonniers que les jeunes immatures effectuaient à l'intérieur de l'estuaire. L'étude des déplacements des jeunes *Acipenser oxyrhynchus* du

Saint-Laurent que nous allons examiner, si elle n'apporte pas confirmation nette de notre hypothèse, démontre au moins que cette hypothèse pourrait être valable pour les *Acipenser oxyrhynchus*.

2. Descente des jeunes vers les eaux saumâtres et déplacements

Nous avions déjà établi, à partir des données de marquage, que l'adaptation des jeunes à l'eau saumâtre est progressive : les jeunes descendent peu à peu vers les régions plus salées du fleuve à mesure qu'ils grandissent. (Magnin et Beaulieu, 1960). Nous avons repris ce problème en étudiant la composition des populations en deux points de fleuve Saint-Laurent : l'un en eau douce à Saint-Vallier, l'autre en eau saumâtre à Kamouraska. Nous avons calculé la répartition de fréquence des captures suivant l'âge des jeunes immatures : le tableau 48 résumant ces calculs est illustré par la figure 50.

TABLEAU 48

Age	Saint-Vallier		Kamouraska	
	n	%	n	%
I	6	2,0		
II	14	4,7		
III	23	7,8		
IV	44	14,9		
V	74	25,1	4	1,7
VI	55	18,6	7	3,0
VII	42	14,2	6	2,5
VIII	17	5,8	9	3,8
IX	9	3,1	25	10,5
X	8	2,7	41	17,3
XI	2	0,7	50	21,1
XII			32	13,5
XIII	1	0,4	27	11,4
XIV			10	4,2
XV			8	3,4
XVI			9	3,8
XVII			3	1,2
XVIII			5	2,1
XIX			1	0,4
Total	295	100	237	100

Répartition de fréquence des captures des jeunes immatures suivant l'âge en deux points du fleuve Saint-Laurent : Saint-Vallier (eau douce) et Kamouraska (eau saumâtre) durant les mois de mai, juin et juillet

Ces deux populations sont nettement différentes par l'âge des individus qui les composent : celle de Kamouraska est plus vieille que celle de Saint-Vallier Ces résultats viennent donc confirmer les résultats obtenus à partir du marquage c'est-à-dire la descente progressive vers les eaux saumâtres.

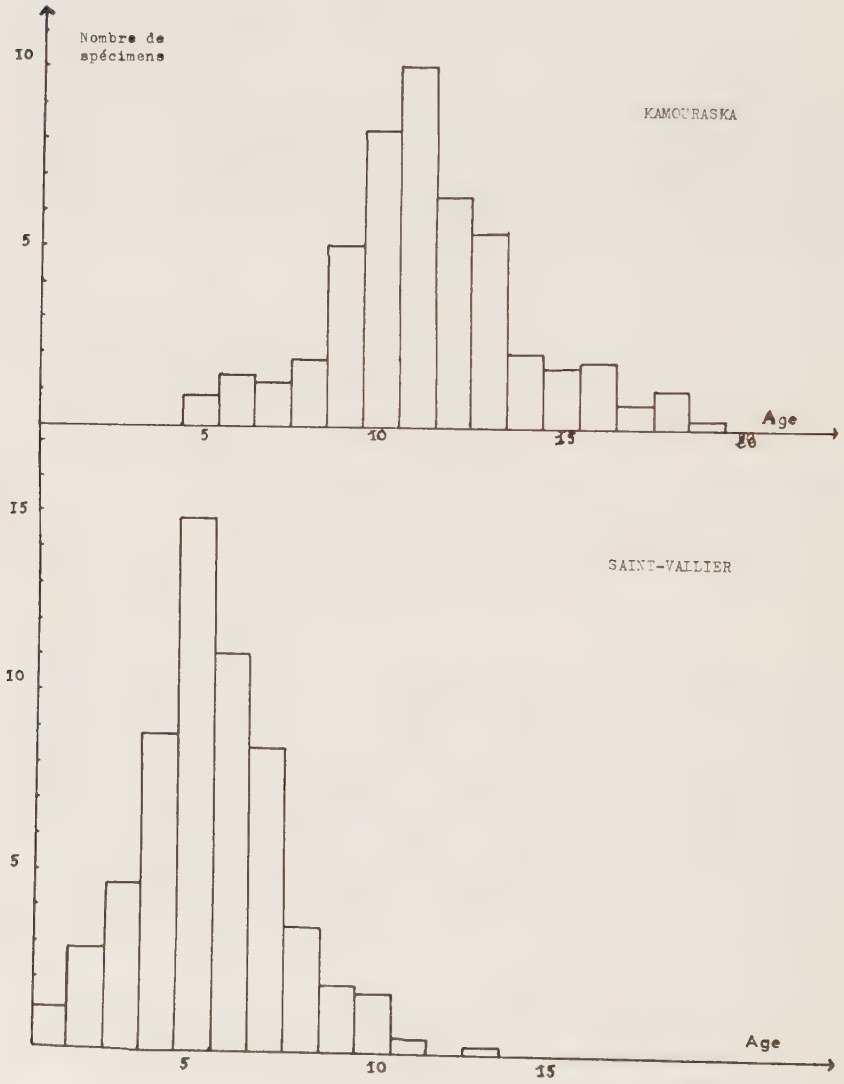


Fig. 50. — Histogramme de fréquence des captures suivant l'âge des jeunes *Acipenser oxyrhynchus* en deux points du fleuve Saint-Laurent : en eau douce à Saint-Vallier et en eau saumâtre à Kamouraska, d'après les données du tableau 48.

Jusqu'où descendent-ils? Nous avions vu, dans notre étude sur les données du marquage, que certains spécimens pouvaient aller jusque dans l'océan Atlantique sur les côtes de la Nouvelle-Écoses, de l'ile du cap Breton, et de Terre-Neuve.

Il est à remarquer que toutes ces régions présentent une dessalure assez forte puisque les eaux à 50 m de profondeur ont une salinité de 32 °/₀₀. On a signalé aussi des prises d'esturgeons dans tout le golfe du Saint-Laurent où la salinité est aussi réduite, à part une avancée d'eau fortement salée venant de l'océan par le chenal Laurentien. On a signalé d'autres prises dans ces mêmes régions et dans le golfe du Saint-Laurent. Aucune capture n'a été signalée au large.

Il semble donc que l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent ne s'éloigne guère de cette région du golfe Saint-Laurent et des côtes Est de l'Atlantique de la Nouvelle-Écosse à Terre-Neuve. Il est intéressant de rapprocher cette observation des données physico-chimiques que nous avons décrites dans la première partie, chapitre III, et principalement de la salinité relativement faible de toute cette zone. Comme l'*Acipenser sturio* et la plupart des Acipensérídés, l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent affectionne les eaux saumâtres. Il est fort possible qu'il puisse effectuer tout son développement à l'intérieur de l'immense estuaire. Il faut cependant rappeler aussi que la salinité des eaux profondes peut atteindre 35 °/₀₀ bien avant l'embouchure.

Les esturgeons du Saint-Laurent effectuent-ils aussi des migrations saisonnières? Nous n'avions pu mettre ce phénomène en évidence à partir des données du marquage. Vladykov (1947) affirme cependant que les jeunes remontent le fleuve au printemps et le redescendent en automne, déplacement que cet auteur attribue à la recherche de nourriture. Ces mouvements sont très probables bien que nous n'ayons pas pu suivre l'évolution de la population en un point durant toute l'année. Il semble cependant que ces déplacements saisonniers n'aient pas une aussi grande amplitude que ceux de l'*Acipenser sturio* de la Gironde.

ACIPENSER FULVESCENS

Espèce d'eau douce, l'*Acipenser fulvescens* ne fera certainement pas des déplacements aussi importants que les espèces migratrices anadromes. Il est intéressant néanmoins d'étudier les migrations qu'il peut effectuer au cours de son développement et au moment de la ponte en particulier. La comparaison entre les esturgeons vivant dans les lacs et les esturgeons vivant en rivière aideront à préciser la biologie générale de cette espèce. Nous étudierons d'abord rapidement la migration reproductrice et ensuite le déplacement des jeunes immatures dans les trois milieux que nous avons prospectés : Saint-Laurent, rivière Ottawa, lac Nipissing. Nos observations personnelles étant souvent peu nombreuses et fragmentaires, nous les étayerons par des données bibliographiques diverses.

1. Migration reproductrice

A. Frayères.

Il semble que les *Acipenser fulvescens* qui vivent dans les lacs recherchent pour frayer les eaux courantes : ils quittent alors les lacs pour remonter dans les rivières. Cela a été signalé en particulier pour les esturgeons du lac Saint-François qui remontent la rivière Ottawa et le Saint-Laurent jusqu'au pied des rapides de Brookville (Roussow, 1955) et pour les esturgeons du lac Saint-Pierre qui remontent la rivière Saint-François (Cuerrier, 1949, d'après Roussow, 1955). On a cité des exceptions à cette règle générale : les *Acipenser fulvescens* des lacs de la région de Winipeg (Bajkov, 1930) et du lac des Bois (Eddy et Surber, 1943) frayent dans les lacs eux-mêmes.

Les esturgeons du lac Nipissing suivaient certainement autrefois la règle générale : ils s'engageaient en masse dans la rivière Sturgeon au moment de la fraye. Actuellement un barrage situé sur cette rivière à Sturgeon Falls stoppe la remontée migrative et la ponte doit se faire dans le lac.

Les esturgeons de rivières recherchent au moment de la fraye des fonds de pierres et de graviers aux pieds des rapides (Stone, 1900) où la température est inférieure à 15 °C (Stone, 1901). Ils effectuent alors des migrations plus ou moins importantes vers ces points propices, soit dans la rivière elle-même soit dans ses affluents.

Les esturgeons du fleuve Saint-Laurent peuvent ainsi aller frayer dans la rivière Batiscan et autres affluents (Vladykov, 1955 *b*). Il semble cependant qu'ils peuvent trouver dans le fleuve des lieux de ponte convenables. Ceux de la rivière Ottawa frayent certainement dans la rivière elle-même qui présente de nombreux rapides tout au long de son parcours.

B. Époque de fraye.

L'époque de fraye de l'*Acipenser fulvescens* doit être certainement très étalée. En effet, pour des lieux très différents, divers auteurs donnent sensiblement la même période de mai-juin comme période de ponte la plus probable : lac Winipeg et autres lacs avoisinants (Bajkov, 1930) lac des Bois (Evermann et Latimer, 1911), Grands Lacs et lacs du Wisconsin et du Minnesota (Barney, 1924), lac Nipigon (Harkness, 1923), lac Champlain (Stone, 1900; Carter, 1905), lac Saint-Pierre (Cuerrier, 1949).

Il semble que cette période de mai-juin soit aussi la plus probable pour les *Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent et de la rivière Ottawa. Les esturgeons du lac Nipissing se présentent devant la rivière Sturgeon pour leur migration de fraye en juin, la ponte semblerait donc se faire un peu plus tard vers la fin juin.

C. Sex-ratio.

Dans le lac Winnebago, Probst et Cooper (1955) ont calculé une proportion plus grande de femelles (72,4 %) que de mâles; dans les autres lacs de la même région, lacs Poygan, Winneconne et Butte des Morts la proportion est

de 1/1. Cuerrier (1949) dans son étude des esturgeons qui remontent du lac Saint-Pierre dans la rivière Saint-François, a établi que dans le lac, la sex-ratio était 1/1 alors que sur les frayères elle était de deux mâles pour une femelle. Notre matériel est trop réduit pour prendre position sur cette question.

2. Déplacements des jeunes immatures

Ce problème est mieux connu, car nous avons pour le résoudre les données de nombreux marquages effectués sur les *Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent dans la région de Québec (Vladykov, 1947; Magnin et Beaulieu, 1960) et dans la région du lac Saint-Pierre et du lac Saint-François (Roussow, 1955).

Les déplacements des jeunes immatures présentent en général de faibles amplitudes soit vers l'amont soit vers l'aval de l'endroit du fleuve où ils ont été marqués. Roussow (1955) signale en effet que 202 recaptures sur 237 ont été faites sur les lieux de marquage. Dans la région de Québec, la majorité des recaptures s'est faite aussi sur place quoique dans des proportions moindres que celles citées par Roussow. Le jeune *Acipenser fulvescens* est donc très sédentaire : il reste attaché durant de longues années à une région bien limitée du fleuve.

Quelques individus cependant peuvent effectuer de grands déplacements de Saint-Vallier au lac Saint-Pierre (160 km en 3 mois), ou inversement du lac Saint-François à Saint-Vallier (280 km en 20 jours). D'autre part, des esturgeons marqués dans le Saint-Laurent ont été recapturés dans la rivière Ottawa. Ces faits, bien que peu nombreux, montrent cependant qu'il y a un mélange réel des populations de tout ce bassin hydrographique du Saint-Laurent et de la rivière Ottawa. Cela vient confirmer l'identité de cette population d'*Acipenser fulvescens* que nous avions déduite des ressemblances qui existaient entre les individus dans les relations longueur-poids et dans la croissance en particulier.

CHAPITRE III

NOURRITURE

De nombreux auteurs pensent que le rostre en forme de soc de charrue sert aux esturgeons à labourer les fonds limoneux et à en extraire ainsi leur nourriture. L'examen de ces poissons en aquarium ne permet pas de soutenir ces vues trop finalistes. Les esturgeons sont cependant bien des animaux de fond : leur nourriture est faite essentiellement d'éléments benthiques. Leur bouche relativement petite et dépourvue de dents ne leur permettra pas de prendre des proies trop grosses ou trop rapides.

I. *ACIPENSER STURIO* DE LA GIRONDE

Les données de la littérature sur la nourriture des *Acipenser sturio* en diverses localités d'Europe, sont résumées dans le tableau 49. On voit que la base de la nourriture de cette espèce est faite essentiellement d'Invertébrés: Crustacés, Vers, quelques Mollusques (Sterner, 1819). Il est assez curieux cependant de remarquer que les *Acipenser sturio* de la mer Noire se nourrissent surtout de poissons.

TABLEAU 49

Localités	Contenus stomacaux	Auteur
Elbe eau douce.....	Esturgeons de 1 jour : algues filamenteuses. Esturgeons de 1 mois : Daphnies.	Ehrenbaum 1899.
— eau saumâtre.....	Esturgeons de 30–50 cm : Gammares, *Tubifex, Cordylophrora, Mysis.*	Ehrenbaum 1923.
— eau de mer.....	Polychètes, quelques petits poissons.	Ehrenbaum 1923.
Tibre eau douce et saumâtre.	Gammares et crevettes.	D'Ancona 1926.
Méditerranée (Tunisie).	Crabes et crevettes.	Heldt 1934.
Mer Noire.....	Surtout sardines : *Engraulis encrassicholus.*	Marti 1939.

Nourriture de l'*Acipenser sturio* en divers points d'Europe

Nous avons étudié la nourriture de l'*Acipenser sturio* de la Gironde à différents âges dans différents milieux et à différentes époques. Les résultats sont résumés dans le tableau 50.

TABLEAU 50

Dates	Milieux	Contenus stomacaux
28-5	Eau douce.....	*Echinogammarus berillonni*, larves de chironomides et larves de trichoptères (1).
15-7	Eau faiblement saumâtre, Callonges.	*Crangon vulgaris, Gammarus locusta* (1).
5-6	Eau saumâtre, Talmont.	Polychètes, nombreuses *Mysis*, quelques tanaidacés et quelques crevettes (2)
Janvier Avril Fin juin	Embouchure de Gironde et Côtes de l'Ile d'Oléron.	Presque uniquement des polychètes (3) : *Errantes :* Principalement *Nephthys Hombergii* Audouin et Milne Edwards. Quelques *Diopatra neapolitana* Delle Chiaje. Quelques *Sigalion mathildae* Audouin et Milne Edwards. *Sédentaires :* Principalement *Stylarioides monilifer* Delle Chiaje. De nombreuses *Pectinaria koreni* Malmgren, Quelques *Owenia fusiformis* Delle Chiaje. On trouve en plus quelques *Mysis*, quelques coquilles de mollusques, des restes de crevettes, et très rarement de petits poissons (soles de 10 cm).

(1) Déterminations faites par M. P. Laurent.
(2) Déterminations faites par M. l'Abbé Hoestlandt.
(3) Déterminations faites par M. l'Abbé Rullier.

Nourriture de l'*Acipenser sturio* de la Gironde
d'après nos recherches personnelles

Il nous faut d'abord remarquer qu'il s'agit là uniquement de poissons immatures ou de poissons matures entre deux périodes de fraye. En effet, comme la plupart des poissons migrateurs, les esturgeons ne mangent pas au

cours de la montée reproductrice vers les eaux douces. Nous avons contrôlé ce fait sur de nombreux spécimens aussi bien mâles que femelles. On trouve parfois dans les estomacs quelques éléments nutritifs : débris de Polychètes, quelques gammares... mais toujours en quantité insignifiante. La plupart du temps les estomacs sont complètement vides.

La nourriture varie avec la taille et avec le milieu dans lequel vivent ces poissons. En eau douce, elle est faite surtout de gammares et de larves d'Insectes; en eau saumâtre, de gammares et de petites crevettes grises; en mer enfin, essentiellement de Polychètes.

Les esturgeons mangent-ils tout ce qu'ils trouvent sur le fond, ou opèrent-ils une sélection dans leur nourriture? La première hypothèse nous semble la meilleure. En effet, des esturgeons pris sensiblement au même endroit ont des contenus stomacaux bien différents, preuve qu'ils n'ont pas essayé de choisir leur nourriture. Ceci est confirmé par la comparaison avec les *Acipenser sturio* vivant dans d'autres milieux : ils s'accommodent de régimes alimentaires très divers. Cette adaptation est signalée chez d'autres Acipenséridés : les jeunes alevins du Danube mangent surtout des Oligochètes alors que les alevins du Dniepr mangent surtout des Gammaridés (Mel'Nichuk, 1959).

Certains auteurs pensent que, en hiver, les esturgeons entrent dans un état de léthargie dans les lieux profonds à l'embouchure des fleuves (Vogt et Hofer, 1909). Les prélèvements de contenus stomacaux effectués dans la première quinzaine de janvier sur des esturgeons provenant de l'embouchure de la Gironde prouvent qu'il n'en est rien. Ces esturgeons mènent une vie active et se nourrissent abondamment, aussi abondamment que ceux qui ont été capturés ensuite en avril et juin. Cette observation est particulièrement intéressante pour éclairer le problème de la croissance. La croissance lente hivernale est attribuée souvent à une diminution de la nourriture, or cela ne semble pas le cas pour les poissons migrateurs qui trouvent toujours en mer une nourriture abondante et l'utilisent effectivement. La diminution de la nourriture en hiver est certainement plus sensible en eau douce et c'est probablement là une raison des cycles annuels plus nets chez les espèces d'eau douce que chez les espèces migratrices.

La composition de la nourriture nous révèle aussi la nature des fonds sur lesquels vivent ces esturgeons. Cela est particulièrement intéressant pour préciser la vie en mer de ces poissons. Les esturgeons marins se nourrissent surtout de Polychètes, or tous ces animaux se trouvent sur des fonds de vase, de sable semi-vaseux, de sable vaseux ou de sable pur. Ces facies semblent donc bien être ceux que préfèrent les esturgeons qui vivent dans l'Océan.

II. *ACIPENSER OXYRHYNCHUS* ET *ACIPENSER FULVESCENS*

La nourriture de l'*Acipenser oxyrhynchus* et de l'*Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent ont déjà fait l'objet de plusieurs études. C'est pourquoi nous n'avons pas abordé personnellement ces problèmes. Nous allons cependant résumer les résultats obtenus chez ces esturgeons du Saint-Laurent mais aussi chez ces mêmes poissons en divers points d'Amérique du Nord. L'en-

semble de ces données bibliographiques résumées dans les tableaux 51 et 52 nous aidera à préciser les observations faites sur l'*Acipenser sturio* et à amorcer une généralisation des lois de la nutrition chez les Acipensérídés.

TABLEAU 51

Localités		Contenus stomacaux	Auteurs
Golfe du Maine	Eau saumâtre.	Vers, mollusques, poissons.	Bigelow & Schroeder 1953
	Eau douce. . .	Amphipodes, isopodes.	
Basse Rivière Hudson		Vers, isopodes, amphipodes, larves d'insectes, mollusques en proportions variables suivant les lieux.	Currian & Riess 1937 Townes 1937
Rivière Delaware	Eau douce. . .	*Très jeunes :* Infusoires, rhizopodes, diatomées.	Ryder 1890
		Moyens : Cladocères et larves.	
	Eau saumâtre.	*Plus gros :* Gros crustacés, mollusques.	
Fleuve Saint-Laurent	Eau douce. . .	Larves d'insectes, crustacés, mollusques, vers (oligochètes), plantes, quelquefois poissons.	Vladykov 1948
	Eau saumâtre.	Polychètes essentiellement, quelques crustacés, quelques mollusques, plantes et vase.	Vdadykov 1948

Nourriture de l'*Acipenser oxyrhynchus* immature en divers points d'Amérique du Nord

Comme pour l'*Acipenser sturio,* la nourriture des deux espèces est faite essentiellement d'Invertébrés benthiques. On signale parfois des poissons dans les contenus stomacaux mais toujours comme des exceptions.

La nourriture des *Acipenser fulvescens* est surtout constituée par des larves d'Insectes, des Mollusques et des Crustacés, en proportion plus ou moins grande suivant les localités. Les *Acipenser oxyrhynchus* ont un régime alimentaire qui se rapproche beaucoup de celui des *Acipenser sturio.* Elle est faite d'Infusoires, de Rhizopodes et de Diatomées chez les jeunes alevins; de Cladocères chez les plus gros en eau douce et enfin surtout de Polychètes avec quelques Crustacés et quelques Mollusques chez les esturgeons vivant en eau saumâtre.

TABLEAU 52

Lieu	Auteur	Nourriture
Lac de Woods....	Evermann & Latimer 1910	Larves d'insectes, mollusques, crustacés, quelques poissons.
Lac Nipigon.....	Clemens et Coll. 1923 Harkness 1923	Larves d'insectes, mollusques, crustacés, œufs, plantes, quelques poissons.
Lac Winipeg.....	Bajkov 1930	Larves d'insectes, mollusques, crustacés.
Lac Winnebago...	Schenberger & Woodbury 1944 Probst & Cooper 1955	Chironomides surtout, autres larves, hirudinées, crustacés, quelques poissons.
Saint-Laurent, région de Québec.	Vladykov 1947-1948	Larves d'insectes, crustacés, mollusques, vers (oligochètes), plantes, quelquefois poissons.
Haut-Mississipi....	Eddy & Surber 1943	Entomostracés pour les jeunes. Pour les plus gros : mollusques, crustacés, larves d'insectes, algues, quelquefois petits poissons.
Lacs Poygan, Winneconne, Butte des Morts.	Probst & Cooper 1955	Cf. lac Winebago, mais moins de chironomides, et plus d'éphéméroptères et isopodes.
Lac Nipissing.....	Données personnelles	Larves d'insectes.

Nourriture de l'*Acipenser fulvescens* immature
en divers points de l'Amérique du Nord

Ces différences de régime ne proviennent d'ailleurs que de la nature du benthos où se trouvent les poissons : les esturgeons américains ne semblent pas non plus effectuer un choix dans leur nourriture. Nous avons été conduit à cette conclusion au sujet de l'*Acipenser sturio* par le fait que la même espèce peut très bien s'accommoder de régimes alimentaires différents : cela est confirmé par les esturgeons américains. Mais une autre constatation nous amènerait à la même conclusion : des espèces différentes vivant dans le même milieu ont un régime alimentaire identique : les *Acipenser oxyrhynchus* et les *Acipenser fulvescens* d'eau douce étudiés par Vladykov (1948) ont été pris au même endroit et à la même époque, or d'après les résultats obtenus on peut dire, compte tenu des variations individuelles, que ces deux espèces on pent la même nourriture.

Les variations saisonnières n'ont pas été étudiées : nous ne pouvons dons pas vérifier l'hypothèse que nous faisions plus haut sur l'importance du facteur nourriture sur le rythme de croissance des esturgeons migrateurs et des esturgeons d'eau douce.

L'*Acipenser oxyrhynchus* comme l'*Acipenser sturio,* ne mange pas au cours de la montée reproductrice (Bigelow et Schroeder, 1953). Il semble qu'il en soit de même pour l'*Acipenser fulvescens* au moment de la fraye : tous les esturgeons matures que nous avons examinés avaient en effet un estomac vide.

CONCLUSION

Les Acipenseridés ont une nourriture benthique constituée essentiellement d'Invertébrés. Il ne semble pas qu'ils opèrent une sélection parmi les animaux qu'ils absorbent. Le régime varie avec la nature du benthos où ils vivent. En eau douce, les esturgeons se nourrissent surtout de petits Crustacés, de Mollusques et de larves d'Insectes; en mer, de Crustacés, de Mollusques mais surtout de Polychètes. Les esturgeons peuvent aussi se nourrir de poissons : nous avons cité plus haut les *Acipenser sturio* de la mer Noire, mais il faut citer aussi *Acipenser guldenstaedti* et *Acipenser stellatus* de la mer Caspienne (Rostami, 1961), *Huso huso* de la mer Noire et *Huso dauricus* de l'Amour (Soldatow, 1915) et *Acipenser transmontanus* des côtes américaines de l'océan Pacifique (Prince, 1899).

CHAPITRE IV
QUELQUES ASPECTS DE L'ÉQUILIBRE HYDROMINÉRAL

INTRODUCTION

Cette étude a été entreprise principalement dans la perspective d'éclairer la biologie des esturgeons migrateurs. Nous avons vu dans le chapitre II que les *Acipenser sturio* et les *Acipenser oxyrhynchus* gagnaient assez rapidement quoique progressivement les eaux de plus en plus saumâtres, et qu'ils effectuaient annuellement des déplacements de la mer vers les eaux saumâtres de l'estuaire avant d'entreprendre, à leur maturité, la grande migration reproductrice qui les conduira très loin dans les eaux douces. Nous pensons que cette étude de l'osmorégulation peut apporter des précisions aux différentes questions suivantes :

1° Les jeunes nés en eau douce acquièrent-ils rapidement la faculté de s'adapter à l'eau saumâtre : sont-ils capables de s'adapter à toutes les salinités dès leur plus jeune âge, ou bien cette adaptation est-elle progressive?

2° Durant la période de leur vie en mer, quel est leur degré d'euryhalinité? Sont-ils capables alors de vivre indifféremment dans les eaux douces, saumâtres et quelles sont les eaux qu'ils préfèrent?

3° Comment se fait la régulation osmotique et ionique de leur milieu interne au cours de la migration reproductrice des adultes et au cours des déplacements saisonniers des immatures?

Nous donnerons cependant aussi quelques données sur le milieu interne des esturgeons d'eau douce du Saint-Laurent, de la rivière Ottawa et du lac Nipissing. Ces notions pourront nous apporter quelques précisions sur la biologie de cette espèce : les variations de la composition hydrominérale des plasmas dans les différents milieux nous aideront à comparer les diverses populations.

Avant d'aborder la méthode générale que nous avons utilisée pour l'étude de la régulation minérale chez les trois Acipensérides *Acipenser sturio*, *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens*, et les résultats auxquels nous sommes parvenus, il nous a semblé utile de donner un aperçu général de l'état actuel du problème pour l'ensemble des poissons.

Généralités sur la régulation osmotique et ionique chez les poissons

Une étude complète de la régulation osmotique et ionique du milieu interne d'un poisson comporte divers aspects complémentaires que l'on peut classer en quatre groupes :

1° Description de la composition osmotique et ionique des liquides internes et étude des modifications que subit cette composition sous l'influence de

facteurs externes : salinité, température... Cette description doit évidemment inclure l'étude des variations du milieu interne en fonction de l'âge, du sexe, de la maturité sexuelle.

2° Étude des échanges entre le milieu interne et le milieu externe : pénétration dans l'organisme de l'eau et des sels, et leur élimination vers l'extérieur. Ces échanges se font surtout par le rein et les branchies.

3° Étude des mouvements de l'eau et des sels à l'intérieur de l'organisme, ce qui exige la connaissance de la composition et du volume des compartiments hydriques intracellulaire (fluide cellulaire) et extracellulaire (plasma et liquide interstitiel surtout), et des échanges hydriques et minéraux entre ces deux milieux.

4° Étude des mécanismes nerveux et endocriniens qui commandent et dirigent la régulation osmotique.

Tous ces aspects ne sont pas également connus chez les poissons : certains commencent seulement à être explorés.

Les deux premiers aspects ont été les plus étudiés et l'on peut dire que les grandes lignes des échanges entre milieu interne et milieu externe sont bien connues chez les poissons d'eau douce et les poissons marins. Les résultats de nombreuses recherches effectuées dans ce domaine ont été résumés par plusieurs auteurs : Krogh (1939), Baldwin (1948), Fontaine et Koch (1950), Prosser (1950), Black (1951-1957), Wickgren (1953), Robertson (1954), Beadle (1957), Nicol (1960).

La régulation osmotique et ionique (ion Cl surtout) est parfaitement connue chez quelques poissons euryhalins migrateurs : l'anguille (d'après les travaux de Duval, 1925; Keys, 1933; Boucher-Firly et Fontaine, 1933; Boucher-Firly, 1935; Callamand et Fontaine, 1940 *a* et *b*; Callamand, 1943; Koch, 1949); le saumon atlantique (d'après les études de Benditt, Morrisson et Irving, 1941; Fontaine, 1943-1948 *a*; Fontaine-Callamand et Vibert, 1950); l'épinoche (d'après les travaux de Gueylard, 1924 *b*; Heuts, 1942; Koch et Heuts, 1943; Baggerman, 1957) et enfin l'épinochette (Heuts, 1943).

Le premier aspect de l'osmorégulation a été étudié partiellement sur quelques poissons : l'alose par Fontaine (1930 *b*), *Salvelinus alpinus* par Gordon (1957), *Salmo gairdneri* par Busnel (1942) et Parry (1958), *Oncorhynchus tchawystscha* par Greene (1904) et chez les Cyclostomes *Lampetra fluviatilis* par Galloway (1933) et Morris (1956), et *Petromyzon marinus* par Fontaine (1930 *a* et *b*).

Le problème de l'excrétion rénale a été particulièrement étudié chez les Elasmobranches et les Téléostéens par Smith (1931, 1932, 1936 et 1953), par Grafflin (1931), Martret (1939) et Forster (1953). Le rôle des branchies dans l'excrétion ou l'absorption active des sels a été mis en évidence par Duval (1925), et déduit de ses recherches par Smith (1930); Copeland (1948) a signalé dans les branchies de *Fundulus* la présence de cellules à chlorures particulières; ces cellules, capables à la fois d'excrétion et d'absorption, ont été retrouvées ensuite chez d'autres poissons, mais ces dernières observations sont encore très controversées.

Le troisième aspect de l'étude de l'équilibre hydrominéral n'a encore été que très peu étudié chez les poissons. On trouve des données nombreuses sur la teneur en eau, en graisses, en matières azotées et en cendres, mais par contre peu nombreuses sur la composition ionique des tissus : on trouvera ces résultats dans Prosser (1950), Vinogradov (1953) et Spector (1956). Il faut y ajouter les études de Mac Leod, Jonas et Mac Bride (1958) et de Mac Leod, Jonas et Onofrey (1960) sur un saumon du Pacifique. Peu de rapprochements ont été faits entre la composition électrolytique des tissus et celle du plasma : il faut citer cependant les recherches de Drilhon (1937) sur le rôle des muscles dans la régulation osmotique. Récemment Becker, Bird, Kelly, Schilling, Solomon et Young (1958) ont comparé la composition du sang et des tissus de plusieurs téléostéens marins. Certains auteurs ont commencé à étudier les compartiments hydriques chez les poissons : Mullins (1950) sur l'épinoche, Nishle et Harris (1955) sur *Electrophorus electricus*, Thorson (1958) sur quatre Elasmobranches, Houston (1959) sur *Salmo gairdneri*. Il est encore difficile de faire une synthèse de ces dernières recherches non seulement à cause de leur nombre très réduit mais aussi à cause de l'incertitude de la valeur des méthodes utilisées chez les poissons : des méthodes diverses d'exploration des divers secteurs cellulaires et extracellulaires ont été utilisées mais on ne peut encore juger de la valeur et de la précision de ces mesures.

Le quatrième aspect a été l'objet de recherches très actives au cours des quinze dernières années. Malgré cela Beadle (1951) écrit : « In view of this uncertain link between the endocrine system and the salt and water regulating mecanism, it would seem premature to attempt a synthesis of the factors causing the migration of certain fish between sea and fresh water. » Ils nous faut cependant citer les essais de synthèses de nos connaissances actuelles sur ce sujet faites par Callamand, Fontaine, Olivereau et Raffy (1951), Fontaine (1954 *b*, 1956), Hoar (1957), Pickford et Atz (1957), Baggerman (1960 *a* et *b*).

TABLEAU 53

Eau, cendres et azote sont exprimés en pourcentage de tissus frais

Espèce	Lieu de capture	Eau	Cendres	Azote	Auteur
A. sturio	.....	76,02	1,16	2,83	Kostychev 1883.
—	.....	78,90	1,43	2,97	Kostychev 1883.
—	Méditerranée .	–	0,80	2,64	El Saby 1934.
—	Méditerranée .	80,96	0,83	2,67	Milone 1895.
— mâle	Don.	68,90	1,30	2,55	Minder 1933.
— femelle...	Don.	66,40	1,20	2,48	Minder 1933.
A. oxyrhynchus...	U. S. A.....	78,59	1,43	2,89	Atwater & Woods 1896.

Composition des tissus d'*Acipenser sturio* et d'*Acipenser oxyrhynchus* d'après Vinogradov 1953

Si nous nous sommes un peu étendu sur cette revue générale du problème de l'osmorégulation chez les poissons, c'est que, à notre connaissance, il n'existe que peu de choses sur la régulation osmotique des esturgeons. Nous possédons seulement quelques données d'analyses de sang et de tissus. Pour le sang de l'*Acipenser sturio* nous ne connaissons que les données de Rodier (1899) sur le degré cryoscopique (0,76 °C correspondant à 9,79 g de ClNa par litre) du plasma d'un *Acipenser sturio* pris en mer au large d'Arcachon. On ne trouve aucune donnée sur la teneur en ions du sang des Acipensérídés dans les recueils de données biologiques de Vinogradov (1953) et Spector (1957). Pour les tissus, les données sont un peu plus nombreuses mais bien faibles : on les a résumées dans le tableau 53 pour les deux espèces migratrices que nous avons étudiées.

Le rôle des hormones dans la régulation osmotique des esturgeons a été peu étudié. Le seul travail que nous connaissions est celui de Kalashnikov et Skadovskii, 1948. Ces auteurs ont étudié les effets de l'administration d'extraits d'hypophyse antérieure (1) sur le sang des sevriuga (*Acipenser stellatus*). La pression osmotique et le taux de chlorures du plasma diminuent quand ces poissons entrent en rivière pour frayer. Ces effets sont encore augmentés quand on garde ces poissons en captivité et ils s'accompagnent d'anémie et autres symptômes d'affaiblissement : dégénérescence des œufs, diminution de la consommation d'oxygène, etc. Les injections d'extraits d'hypophyse antérieure tendent à différer la dégénérescence ovarienne et l'anémie. D'après Pickford et Atz (1857) le nombre de poissons expérimentés est trop faible pour avoir une signification mais ces observations permettraient néanmoins de conclure que les injections d'hypophyse ne provoquent pas la rétention des chlorures et n'empêchent pas la dilution du sang.

MÉTHODES D'ÉTUDES UTILISÉES

Cet aperçu général de la régulation osmotique chez les poissons montre la complexité de ce problème. Il était évidemment impossible de l'aborder dans son ensemble chez les esturgeons étudiés. Cela était d'ailleurs inutile dans la perspective essentiellement biologique que nous nous étions fixée. Nous nous sommes limité au premier aspect décrit plus haut, c'est-à-dire à l'étude de la composition osmotique et ionique du plasma des trois esturgeons *Acipenser sturio, Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens* dans les différents milieux où ils vivent. Pour l'*Acipenser sturio* nous avons cependant fait quelques analyses d'urine et de tissus qui nous permettront, par comparaison avec les autres poissons, d'entrevoir les mécanismes d'excrétion minérale et d'échanges d'ions dans l'organisme. Quant à l'étude du contrôle hormonal, il n'a pas du tout été abordé.

Le but étant bien défini et bien délimité, il reste à préciser les moyens utilisés pour l'atteindre. Deux grandes voies se présentent, l'étude sur le terrain et

(1) Hypophyses d'esturgeons probablement bien que cela ne soit pas précisé.

l'expérimentation en laboratoire : nous en examinerons les avantages et les inconvénients réciproques (1). Les prélèvements de sang, d'urine et de tissus ont été faits sur des esturgeons élevés en aquarium ou venant d'être capturés dans leur milieu naturel : la manière de procéder sera rapidement décrite (2). Nous passerons ensuite en revue les diverses méthodes d'analyse biochimique effectuées en laboratoire sur ces échantillons divers (3). Les résultats de ces analyses se traduisent par des chiffres donnant l'abaissement du point de congélation en degrés C ou la teneur en ions en mEq/l (milli-Equivalents par litre) de sang ou d'urine, ou en mEq/kg de tissus frais. Avant de travailler sur ces chiffres, il nous faut savoir quel est le degré de précision que nous pouvions en attendre (4). Enfin, l'ensemble des résultats des analyses nous fait apparaître de grandes variabilités individuelles : nous en déterminerons les causes et nous en déduirons la façon d'utiliser nos résultats (5).

1. Observation directe et expérimentation

Ces deux voies sont habituellement utilisées dans les études physiologiques. L'expérimentation est en effet nécessaire pour dissocier les différents facteurs intervenant dans le problème étudié. Cependant, avant de faire la synthèse des résultats fragmentaires obtenus « il faudra retourner à ce milieu naturel qui doit demeurer l'arbitre de nos conceptions et de nos hypothèses ». (Fontaine dans Fontaine et Koch, 1950).

La plupart de nos analyses portent sur du matériel prélevé sur les lieux mêmes de la pêche. L'avantage d'étudier les poissons dans leur milieu naturel est contrebalancé par de multiples inconvénients dont il faudra tenir compte dans l'interprétation des résultats :

1° Il est très difficile dans les estuaires de se faire une idée de la composition de l'eau, la teneur en sels étant soumise à de nombreux paramètres et de ce fait en perpétuel changement;

2° Les esturgeons effectuent des migrations dans ces eaux de salinité très variable des estuaires, et cela avant même d'avoir atteint la maturité sexuelle. Ces déplacements viennent encore augmenter notre incertitude sur la salinité de l'eau dans laquelle a vécu ce poisson;

3° Le mode de pêche a aussi une grande importance sur la valeur des échantillons soumis à l'analyse. En effet, en Gironde les poissons ont été tués peu après la pêche, alors qu'ils sont encore sous le coup de chocs physiologiques : sortie de l'eau, remorquage derrière le bateau. Or, il est bien connu que ces chocs ont une grande influence sur la structure hydrominérale du milieu interne. Il nous a fallu éliminer les quelques analyses que nous avions réalisées sur les esturgeons espagnols : en effet, ces poissons, blessés par les crochets des palangres, et transportés à sec pendant des heures, étaient certainement dans un état physiologique déficient.

L'expérimentation ne permet pas d'éliminer complètement cette dernière cause d'erreurs : en effet, les manipulations auxquelles sont soumis les poissons provoquent des perturbations dans les mécanismes de régulation osmotique et en particulier une « diurèse de laboratoire » décrite par plusieurs

auteurs : Grafflin (1931), Meyer (1948), Brull et Nizet (1953), Wickgren (1953), Forster et Bergelund (1953). A cette difficulté valable pour tous les poissons s'ajoutent des difficultés propres aux esturgeons. En effet, une étude expérimentale n'a de valeur que si elle porte sur un nombre important d'individus de toutes tailles, dans toutes les catégories d'expériences envisagées. Or les esturgeons sont de plus en plus rares, et il est difficile de constituer un échantillonnage d'expérience complet. D'autre part, ils deviennent adultes très tard, et atteignent alors de très grandes tailles : ils seront difficiles à transporter et à élever en aquarium. Enfin, les gros spécimens matures sont vendus à des prix très élevés à cause du caviar qu'ils peuvent éventuellement contenir. En conséquence, nos expériences n'ont porté que sur des spécimens de petite taille donc immatures.

2. Prélèvement des échantillons de sang, urine et tissus

Le sang est obtenu par incision du poisson en arrière de la nageoire anale. Grafflin (1931) et Forster (1953) ont montré que les échantillons prélevés ainsi donnaient les mêmes résultats que les échantillons obtenus par ponction cardiaque. Le sang est recueilli sur héparine : l'introduction de sodium qui est ainsi faite ne modifie pas de façon significative l'analyse de cet ion dans le plasma (Gordon, 1959 *a*). Le flacon agité avec soin est déposé dans une bouteille thermos contenant de la glace.

La centrifugation était réalisée le plus rapidement possible après le prélèvement. Le plasma surnageant était recueilli dans des flacons en pyrex bouchés émeri et conservés ensuite dans une chambre froide à — 25° en attendant d'être analysés.

Les sérums hémolysés étaient notés, ou la plupart du temps rejetés.

Les prélèvements d'urine ont été effectués en Gironde en 1959 sur les esturgeons qui allaient être saignés. Bien souvent l'urine coulait d'elle-même lorsque le poisson était retiré de l'eau; une légère pression sur l'abdomen aidait à son évacuation. Comme pour le sang, l'urine était stockée à — 25° jusqu'à la période d'analyse.

Les échantillons de muscles ont été prélevés dans les myotomes du tronc dès que le poisson a été tué et vidé. Un petit cube de chair de 2 à 5 g était découpé entre les myoseptes, mis dans un flacon conservé dans la glace jusqu'au laboratoire où il était pesé et soumis aussitôt à la dessication.

3. Techniques d'analyse

A. Sang et urine.

Degré cryoscopique. — L'erreur due au phénomène de surfusion a été corrigée d'après les indications données par Mounier, Féraud et Blanquet (1945).

Dosage du sodium et du potassium. Ces deux cations ont été dosés avec un photomètre à flamme de type Jouan en France et de type Coleman au Canada.

Les perturbations provoquées par la présence des autres ions ont été neutralisées en utilisant des solutions témoins ayant des compositions sensiblement semblables à celles des liquides analysés : cette précaution est évidemment très importante pour le dosage de K plasmatique (Valencia, 1956).

Dosage du calcium et du magnésium. — Il a été réalisé par complexométrie (EDTA) suivant la technique de Badinand et Winicki (1958) très légèrement adaptée suivant les indications de Flashka (1959).

Dosage du chlore. — Le procédé de Shales et Schales (1941) basé sur la réaction :

$$2\,Cl^- + Hg^{++} \longrightarrow Hg\,Cl_2 \downarrow$$

avec le diphényl-carbazone comme indicateur de fin de réaction, nous a semblé une méthode à la fois simple, rapide et sûre. Elle nous a paru meilleure que celle de Charpentier-Volhard basée sur la précipitation des ions Cl^- par l'Ag.

Dosage de l'ion sulfate. — Après défécation du plasma, les ions SO_4 sont précipités sous forme de sulfate de benzidine dosé par la soude.

Dosage du phosphore minéral. La technique employée est celle de Bell et Doisy (1920) modifiée par Briggs (1924) : le molybdate d'ammonium se combine avec les ions phosphates pour former un phosphomolybdate qui est réduit en un complexe de coloration bleu intense par addition d'hydroquinone et de sulfite de sodiun. L'intensité de la coloration est lue au spectrophotomètre à la longueur d'onde 635 μ (Delsal et Manhouri, 1945).

B. Tissus.

Dosage de l'eau. — Les tissus sont desséchés dans une étuve maintenue à la température de 105-110° pendant 72 heures.

Dosage de la graisse. — La graisse neutre a été déterminée par la technique décrite par Hastings et Eichelberger (1937). Les muscles desséchés sont repris par l'éther éthylique puis par l'éther de pétrole jusqu'à délipidation complète.

Dosage des chlorures. — Les tissus deshydratés et délipidés sont digérés pendant 30 minutes par un mélange de NO_3K concentré et d'eau oxygénée (2,5 ml de chaque pour un gramme de tissus frais, Gordon, 1959). On y a ajouté en même temps une quantité mesurée de nitrate d'argent fixant le chlore volatil qui peut apparaître. La titration de l'excès de nitrate d'argent par la méthode classique de Volhard permet de mesurer la teneur en chlore des tissus. Cette méthode a été critiquée par Shenk (1954) : elle est néanmoins couramment employée paur le dosage du Cl musculaire (Conway, 1957; Gordon, 1959 *a*).

Dosage du sodium et du potassium. — Le Na et le K ont été dosés par la photométrie à flamme. En 1959, le dosage a été fait sur des tissus calcinés et repris par ClH 0,5 N; en 1961, il a été fait à partir de tissus digérés par $NO_3H + H_2O_2$. Dans l'un ou l'autre cas, les solutions étalons étaient réalisées en ajoutant les éléments étrangers pouvant interférer avec le cation analysé. Malgré

cette précaution, on s'aperçoit qu'il y a une différence nette entre les deux méthodes. Gordon 1959 a signalé que pour la concentration musculaire en Na il doit faire une correction de — 10 % et en K de + 5 %.

Le *phosphore* a été dosé par la méthode de Briggs sur des tissus calcinés ou des tissus digérés avec NO_3H. Dans le premier cas, il est très probable qu'une certaine quantité de phosphore a été volatilisée : les résultats nous ont néanmoins servi à préparer les solutions étalons pour le dosage de K et Na. Nous ne retiendrons ici que le phosphore déterminé par le second procédé.

Dosage du calcium et du magnésium. Il a été fait en 1959 à partir de tissus calcinés par la méthode de Badinand et Winicki (1958) citée plus haut pour le plasma.

4. Calcul des erreurs sur les analyses

De multiples causes d'erreur peuvent affecter les résultats des analyses, provenant à la fois du manipulateur et de l'appareillage depuis le prélèvement des échantillons jusqu'au calcul suivant le dosage biochimique. Il est difficile de ce fait de préciser l'erreur dont est affecté le résultat final. Une méthode empirique consiste à faire deux dosages du même échantillon : les deux valeurs trouvées donneront une moyenne A et les écarts de ces deux valeurs à la moyenne seront égales à a. La moyenne de a nous donnera l'écart moyen sur l'ensemble des échantillons et permettra de se faire une idée de la précision des mesures obtenues à partir d'une technique d'analyse donnée.

Cette méthode a été utilisée en 1961 pour les dosages du sodium, potassium, chlore et phosphore du sang (tableau 6) et pour les dosages du sodium et du potassium des tissus. Les résultats ont été les suivants :

Pour le sang : $Na = 164 \pm 1$ mEq/litre;
$K = 4{,}56 \pm 0{,}07$ mEq/litre;
$Cl = 126 \pm 0{,}5$ mEq/litre;
$PO_4 = 8{,}2 \pm 0{,}2$ mEq/litre.

Pour les tissus : $Na = 1{,}79 \pm 0{,}02$ g/kg;
$K = 4{,}12 \pm 0{,}03$ g/kg.

Cette méthode nous renseigne surtout sur les erreurs inhérentes à la technique d'analyse elle-même. Elle nous semble suffisante pour donner la précision de nos résultats d'analyse sur le plasma. Pour les muscles nous avons voulu préciser la valeur de l'échantillon prélevé : celui-ci est en effet très réduit, 2 à 5 g sur un poisson pouvant avoir jusqu'à 40 kg de chair. Nous avons donc fait deux prélèvements en deux points différents du corps et nous avons calculé la teneur en eau, en graisse et en chlore pour ces deux échantillons. Nous avons obtenu les moyennes suivantes :

Eau $= 788{,}6 \pm 17$ g/kg de muscles frais;
Graisse $= 17{,}5 \pm 6{,}1$ g/kg de muscle frais;
Chlore $= 0{,}65 \pm 0{,}1$ g/kg de muscle frais.

Ces résultats montrent le peu de précision de ces dosages de tissus donc la difficulté de les utiliser dans une étude d'ensemble de l'équilibre hydrominéral.

5. Remarques sur les variations individuelles des résultats des dosages et sur l'interprétation des résultats

Il ressort du paragraphe précédent que les erreurs dues aux techniques utilisées n'affectent que très peu les tésultats des dosages du sang et de l'urine particulièrement. Les grandes variations individuelles que nous observons dans les dosages sont donc bien l'image des grandes variations que présentent les individus dans le métabolisme de l'eau et des électrolytes. La composition ionique du plasma et sa régulation osmotique dépendent de nombreux facteurs mis en évidence dans les travaux sur les poissons cités plus haut, et que nous pouvons schématiser ainsi :

Facteurs externes :

— Température et autres facteurs liés aux changements des saisons;

— Composition chimique du milieu : teneur en ClNa évidemment mais aussi la présence d'autres éléments (Ca en particulier);

— Caractéristiques physiques du milieu : eaux dormantes et eaux courantes.

Facteurs internes :

— État de nutrition, ce facteur étant particulièrement important chez les migrateurs qui ne mangent pas en période de fraye;

— Le sexe;

— L'état de maturité sexuelle.

— Le fonctionnement endocrinien.

Tous ces facteurs d'autre part, sont plus ou moins liés les uns aux autres et peuvent réagir les uns sur les autres. Ils seront souvent difficiles à dissocier même en laboratoire, cette dissociation nécessitera un nombre très important d'observations.

La conclusion de cette longue étude préliminaire est qu'il faudra être très prudent dans l'interprétation du résultat des analyses. Notre but est essentiellement d'étudier l'influence du milieu externe sur l'équilibre hydrominéral des esturgeons, et en particulier l'influence de la salinité des eaux chez les deux esturgeons migrateurs. Il faudra tenir compte :

1° Des différents facteurs qui peuvent modifier la composition du milieu interne et en particulier l'influence du sexe et de la maturité sexuelle. Cela nécessitera un nombre important d'observations.

2° De l'état physiologique du poisson plus ou moins modifié au moment de la capture ou au cours des manipulations en laboratoire;

3° De l'incertitude sur la valeur de certains résultats d'analyse. C'est principalement le cas d'analyses de muscles.

I. *ACIPENSER OXYRHYNCHUS*

Nous commencerons par l'étude du plasma d'*Acipenser oxyrhynchus* et de ses variations en fonction de la salinité du milieu externe. C'est sur cet esturgeon, en effet, que nous avons obtenu les résultats les plus significatifs. Cela est dû à plusieurs raisons :

1° Nous avons un échantillonnage très homogène composé uniquement de spécimens immatures;

2° Les prélèvements ont été faits à la même époque du 6 au 20 juin : le facteur température n'a pas varié sensiblement au cours d'une période aussi courte;

3° Ces spécimens étaient en parfaite condition physique et n'avaient subi aucun choc avant leur examen puisqu'ils se sont trouvés simplement emprisonnés dans les « pêches » à marée basse;

4° Ces spécimens se trouvaient dans deux milieux très différents au point de vue salinité. Les uns proviennent de la région de Québec et Saint-Vallier où les eaux sont douces. Les autres proviennent de la région de Kamouraska où les eaux sont franchement saumâtres : une analyse de l'eau dans laquelle vivaient ces derniers au moment où nous les avons examinés a donné 15 g/litre de ClNa. Nous avons vu dans l'introduction que les eaux plus profondes au niveau de Kamouraska pouvaient atteindre 30 g/litre.

5° Nous avons deux lots relativement importants et homogènes de 20 et 23 spécimens immatures qui permettent d'établir des comparaisons avec une certaine sécurité.

La sécurité des comparaisons entre les deux lots d'échantillons est encore accrue du fait qu'il n'y a pas de différence significative dans la composition minérale du plasma entre les mâles et les femelles d'une part, entre les individus de tailles différentes d'autre part. Le simple examen des tableaux 54 et 55 montre déjà la similitude de composition minérale des plasmas des individus des deux sexes et de tailles différentes dans les deux lots. Une analyse statistique plus poussée des différences par le test de STUDENT ne fait que confirmer cette première impression : la probabilité d'une différence due au sexe et à la taille est toujours faible : P = 0,9 à 0,2 pour les divers ions.

Nous pouvons donc comparer maintenant les compositions ioniques des plasmas des esturgeons qui vivent en eau douce et en eau saumâtre. Pour chacun des ions nous avons comparé les moyennes dans les deux milieux par le calcul du *t* de STUDENT. Celui-ci est égal à 6,1 pour Na; 0,89 pour K; 3,3 pour Ca; 4,5 pour Mg; 12,7 pour Cl, et 3,3 pour P. Or, pour 41 degrés de liberté dont on dispose pour le calcul (43 échantillons au total), la valeur de *t*, avec un coefficient de sécurité de 99 % est égale à 2,70. Il y a donc des différences hautement significatives dans la teneur de tous les ions sauf le potassium.

TABLEAU 54

Les teneurs en ions sont exprimées en mEq/litre
La longueur totale L des esturgeons est exprimée en centimètres

Numéro	L	Sexe	Na	K	Ca	Mg	Cl	P
178.....	105	F	158	2,48	3,74	1,4	108	3,2
179.....	87	M	140	2,36	3,42	1,5	92	3,6
180.....	85	F	–	3,54	2,89	1,7	104	4,1
186.....	48		151	1,72	5,00	1,0	119	–
187.....	81	M	136,5	2,37	3,00	1,6	106,5	4,5
188.....	87	F	143	2,80	4,00	1,3	111	5,5
189.....	80	M	140	2,48	4,10	1,8	106	6,6
190.....	85	M	128	1,72	4,63	0,8	96,5	4,3
192.....	68	M	142,5	4,10	–	–	109	–
193.....	65		140	4,85	3,47	2,0	108	7,9
194.....	62	M	164,5	2,48	3,68	1,2	120	6,3
195.....	53		154,5	2,15	3,15	3,0	116,5	–
196.....	52		154,5	3,44	3,94	3,0	124	–
197.....	49		154,5	2,36	3,78	1,7	119	7,5
203.....	65		159	3,03	–	–	118,5	–
204.....	65		156,5	2,36	4,42	1,6	118,5	6,6
205.....	61	M	156,5	2,69	3,95	1,3	114,5	5,3
206.....	59		159	3,03	3,95	1,7	122	6,2
207.....	57		156,5	2,15	3,95	2,2	115,5	6,2
208.....	61		154,5	2,04	3,68	1,6	119	6,5
209.....	54		152	2,26	3,05	1,9	117,5	7,6
210.....	52		156,5	2,58	2,74	1,8	120	5,8
212.....	45		156,5	2,58	2,74	1,7	121	–
Moyenne.....	.....	.....	150,6	2,67	3,70	1,7	112,9	5,7
σ	.....	.....	9,0	0,70	0,60	0,6	5,3	1,36

Analyse du plasma d'*Acipenser oxyrhynchus* en eau douce
Les teneurs en ions sont exprimées en mEq/l

TABLEAU 55

Les teneurs en ions sont exprimées en mEq/litre
La longueur totale L des esturgeons est exprimée en centimètres

Numéro	L	Sexe	Na	K	Ca	Mg	Cl	P
213.....	87	M	161	3,32	3,8	2,1	134,5	4,2
214.....	88	M	164,5	3,44	–	–	133,5	–
215.....	85	F	164,5	3,44	4,0	4,0	146	4,8
216.....	86	F	161	3,02	4,0	1,3	135,5	3,5
217.....	84	F	164,5	2,92	3,4	1,9	135,5	4,1
218.....	53	F	163,5	2,79	–	–	141	–
219.....	88	M	168	2,58	3,2	2,4	138	3,3
220.....	85	M	168	3,66	3,0	2,1	126	4,9
221.....	84	F	184	3,98	3,1	2,6	132,5	4,1
222.....	63	M	2 168	2,04	3,2	2,5	132	5,2
277.....	89	F	161	3,02	2,5	2,7	130	4,1
278.....	82	F	161	2,79	2,9	2,3	130	4,7
279.....	85	M	161	2,92	3,2	2,9	130	4,4
280.....	82	M	164,5	2,58	2,6	2,9	131	4,3
281.....	68	F	164,5	2,15	2,6	2,8	134,5	4,8
282.....	79	M	161	2,58	2,5	2,5	127	4,0
283.....	78	M	161	2,58	2,6	2,5	131,5	5,4
284.....	75	M	164,5	2,20	2,9	3,8	132,5	4,3
285.....	76	F	168	2,26	3,1	2,2	129	4,7
286.....	71	F	164,5	2,48	1,0	3,1	128	5,4
Moyenne.....	.....	.....	164,9	2,84	3,0	2,6	132,9	4,5
σ	.....	.....	5,1	0,50	0,7	0,6	4,7	0,6

Analyses du plasma d'*Acipenser oxyrhynchus* en eau saumâtre

C'est avec une très forte sécurité que l'on peut affirmer que la teneur du plasma en Cl, en Na et en Mg augmente et que la teneur en Ca et PO_4 diminue lorsque le jeune *Acipenser oxyrhynchus* immature passe de l'eau douce à l'eau saumâtre. Le potassium par contre ne semble pas varier au cours de ce changement de milieu. L'ionogramme de la figure 51 illustre ces différences de structures électrolytiques du milieu interne. La composition ionique et osmotique du plasma n'est donc pas fixe. Nous discuterons ce résultat dans nos conclusions générales.

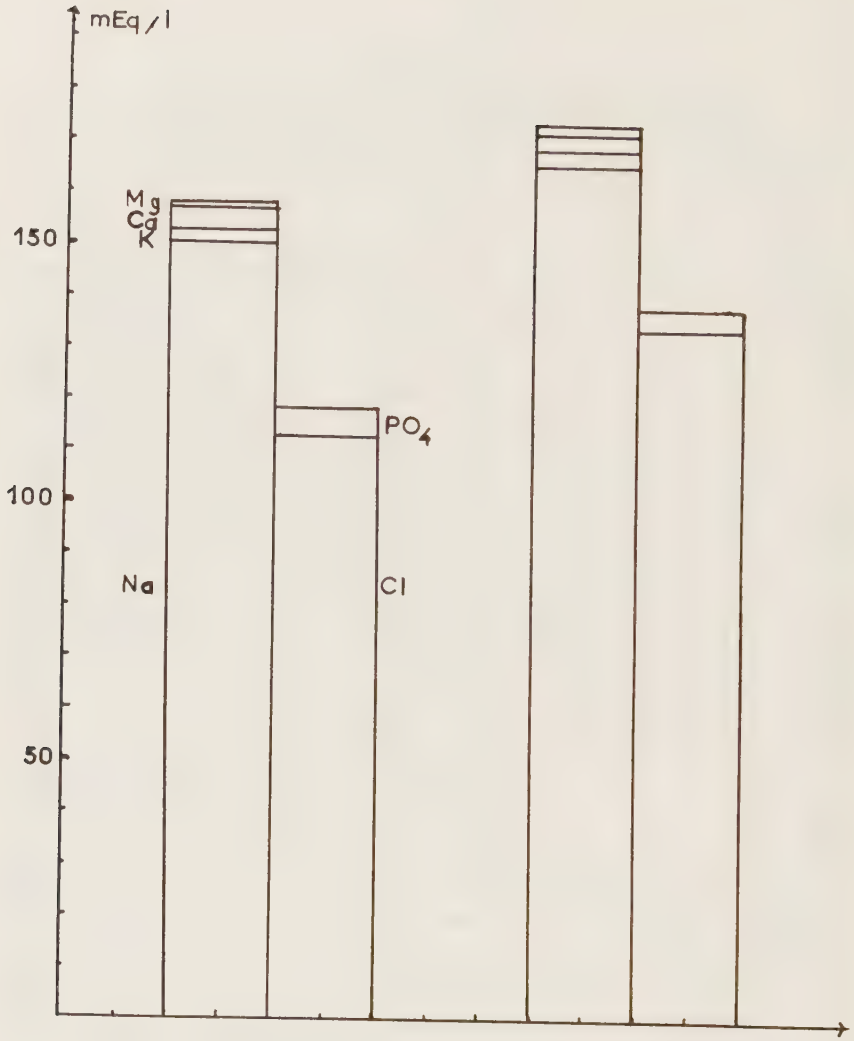


Fig. 51. — Structure électrolytique du plasma d'*Acipenser oxyrhynchus* en eau douce et en eau saumâtre.

Nos recherches sur l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent nous ont permis aussi de préciser l'influence des manipulations sur la composition minérale du plasma. Pour les comparaisons que nous venons de faire, nous n'avons en effet retenu que les plasmas qui avaient été prélevés sur les lieux mêmes de la pêche, aussitôt après la sortie du poisson de l'eau. A Kamouraska nous avons fait une série de prélèvements de sang sur des esturgeons qui avaient été ramenés à sec jusqu'au village, et tués après un laps de temps variant de une à deux heures.

Les résultats des analyses de ces plasmas sont donnés dans le tableau 56. La comparaison avec le plasma des esturgeons vivant dans le même milieu mais tués sur place (tableau 55) montre chez les premiers une teneur plus forte pour tous les ions. Deux explications peuvent être données à ce phénomène :

1° Déshydratation des espèces extra-cellulaires entraînant une hémoconcentration ;

2° Fuite de K, Mg et du P hors des cellules comme cela s'observe dans tous les chocs physiologiques.

TABLEAU 56

Les teneurs en ions sont exprimées en mEq/litre

Numéro	Na	K	Ca	Mg	Cl	P
226.....	161	3,2	3,1	4,1	134	5,5
227.....	179	5,5	2,6	5,5	–	4,7
228.....	173	5,4	2,7	6,0	–	6,8
229.....	161	4,7	3,2	3,6	144	5,5
230.....	158	4,6	3,1	3,0	139	–
231.....	192	4,9	3,4	10	151	7,5
232.....	200	6,4	3,2	9	166	
233.....	200	5,9	3,2	6,4	163	
258.....	168	4,3	2,7	3,4	139	6,5
259.....	166	4,2	2,6	3,9	134	
260.....	165	4,3	3,2	2,7	135	
261.....	164	4,8	2,6	3,7	134	
262.....	161	5,7	2,9	3,3	133	
287.....	172	4,4	3,4	4,2	146	
288.....	168	5,1	1,8	6,2	134	
289.....	165	4,8	2,9	3,4	132	6,2
290.....	173	5,8	2,3	5,5	147	7,4
291.....	181	6,0	2,1	6,2	151	6,9
292.....	176	5,9	3,4	4,3	142	8,8
303.....	165	5,4	5,0	2,0	134	
304.....	172	5,6	2,6	4,0	134	
Total.....	3 620	106,9	62,0	100,4	2 692	65,8
Moyenne.....	172	5,1	2,95	4,95	142	6,6
σ	11,4	0,75	0,61	1,93	9,9	1,12

Analyse du plasma d'*Acipenser oxyrhynchus*
capturés en eau saumâtre (15 gr %)
et tués après transport à sec après une ou deux heures

II. *ACIPENSER STURIO*

Pour cet esturgeon, les analyses ont porté non seulement sur le plasma mais aussi sur l'urine et les muscles.

A. Analyse du plasma

Le matériel comporte 80 spécimens observés durant les années 1958-1959 et 1961. Il peut sembler à première vue relativement important; en fait, il est difficile à utiliser parce que très hétérogène. En effet, il faut distinguer d'une part les 13 spécimens immatures élevés en laboratoire et d'autre part les 67 autres examinés sur le terrain : parmi ces derniers, il y a 13 mâles matures (dont 6 pêchés en eau douce, et 7 en eau saumâtre), 35 femelles matures (dont 9 pêchées en eau douce et 26 en eau saumâtre), et enfin, 19 immatures (dont 2 pêchés en eau douce et 17 en eau saumâtre).

Il faut ajouter encore une deuxième difficulté : la plus grosse partie du matériel a été examinée sur les lieux de pêche. Nous avons vu que les chocs que subissent les poissons à ce moment-là peuvent modifier la composition ionique de leur plasma. Il est difficile d'apprécier l'ampleur de ces modifications : il semble cependant qu'elles soient moins grandes que celles que l'on a observées chez les *Acipenser oxyrhynchus* transportés à sec durant plusieurs heures. En effet, les esturgeons de la Gironde étaient amarrés au bateau aussitôt après leur capture, ils restaient donc dans l'eau jusqu'au port le plus proche qui n'est jamais très éloigné des lieux de pêche.

Tout le matériel a été récolté en mai et juin, et la plus grosse partie du 15 mai au 15 juin : ces dates sont suffisamment rapprochées pour négliger les effets de la température. Les esturgeons élevés en laboratoire ont été étudiés durant le mois d'août. Nous allons examiner à part ces deux matériels bien différents.

1. Esturgeons étudiés sur les lieux de pêche.

Tous les résultats des analyses sont consignés dans les tableaux 57, 58 et 59 : Ces tableaux donnent en même temps, le sexe, la maturité et le lieu de capture de chaque spécimen.

Ces lieux de capture sont très étendus depuis Talmont près de l'embouchure de la Gironde, jusqu'à Marmande sur la Garonne ou Branne sur la Dordogne. La salinité des eaux est évidemment très variable en ces divers points. Nous considèrerons cependant comme eaux saumâtres toutes les captures effectuées entre Royan et le bec d'Ambès, c'est-à-dire en remontant le fleuve, Talmont, Saint-Seurin d'Uzet, Mortagne, port-Maubert, les Callonges, Blaye et Gauriac. Dans les eaux douces en amont du bec nous avons sur la Garonne, les stations de Bordeaux, Lestiac, Rions, et Marmande et sur la Dordogne Bourg, Arveyres et Branne.

Avant d'examiner l'influence de la salinité des eaux sur le milieu interne des *Acipenser sturio* de la Gironde, nous avons essayé de déceler les différences de composition ionique entre les mâles et les femelles et entre matures et immatures dans ces différents milieux. Nous n'avons pu pas établir de différence significative entre ces diverses catégories. Nous ne pouvons cependant par affirmer que de telles différences n'existent pas. Ces comparaisons en effet, portent sur un nombre réduit de spécimens; d'autre part, il y a, entre les individus, de grandes variations normales ou provoquées dues aux divers facteurs cités plus haut.

TABLEAU 57

Δ valeur absolue de l'abaissement du point de congélation exprimé en degrés C.
Les teneurs en ions sont exprimées en mEq/litre
L'astérisque indique les individus mâles (M) et femelles (F) matures

Numéro	Sexe	Lieu de capture	Δ	Na	K	Ca	Cl
2....	M	Mortagne.....		145,5	5,3	4,8	129,5
3....	F	—	0,62	154,1	5,9	4,0	
6....		Lestiac.....	0,52	143,4	3,6		
7....	F	Bourg	0.68	163,7	4,7	7,1	
8....	F*	Callonges.....	0,56	163,7	4,8	6,8	134,8
9....	F*	Bourg	0,52	157,3	4,6		104,9
10....	F*	—	0,66	158,3	4,4		140,2
11....	F*	—	0,60	149,8	4,5	6,1	
15....	F*	Fort-Maubert.....		166,9	4,5	6,4	131,6
19....	F	—	0,68	166,9		4,8	125,2
21....	F	Mortagne.....	0,72	194,7			
22....	F	Bourg	0,57	155,1			114,5
56....		Callonges.....		165,8	6,4		
57....	M	—		148,7	7,0	5,2	
59....		—		150,8	4,8	4,5	
60....	F	—		153,0	7,0		
65....	F	—		141,2	5,1	5,2	103,8

Analyses du plasma de l'*Acipenser sturio* de la Gironde effectuées en 1958

Nous allons donc comparer en bloc les plasmas de tous les esturgeons capturés en eau douce avec les plasmas de tous les esturgeons capturés en eau saumâtre. Nous éliminerons cependant du calcul le calcium obtenu en 1958 par une méthode différente que celle qui a été utilisée les autres années, ainsi

que les analyses des esturgeons (n° 56 à 65) qui ont été conservés dans une mare pendant des temps variables. Ces cinq spéciments sont des immatures. De ce fait, l'étude que l'on va poursuivre portera essentiellement sur des esturgeons matures en remontée reproductrice (77 à 85 % selon les ions).

TABLEAU 58

Les teneurs en ions sont exprimées en mEq/litre

L'astérisque indique les individus mâles (M) et femelles (F) matures

Numéro	Sexe	Lieu de capture	Δ	Na	K	Ca	Cl	Mg	P	S
100	F*	Branne	0,62	178	4,25	3,96	112	3,11	8,9	0,99
101	F*	Callonges		173	5,15	3,53	137	3,73	9,1	0,91
102	M*	—		171	6,25	4,07	120,5	2,25	10,1	
104	F*	Gauriac	0,56	165	3,60	3,69	137,5	3,77	7,6	0,49
105	M*	—	0,52	141	3,75	3,61	115	1,60	8,2	1,10
107	F*	Callonges	0,66	168	4,90	4,61	124,5	3,88	8,4	
108	M*	—		136	4,18	3,61	109	1,70	6,8	0,85
109	M*	Bourg	0,55	124	5,13	3,30	98	1,30	5,5	1,52
110	F*	Callonges	0,69	173	4,45	5,15	125,5	4,22	12,2	0,91
111	M*	Bourg	0,68	165	4,30	4,69	136	2,18	10,4	1,64
112	M*	Rions	0,52	130	4,80	3,07	107,5	1,89	8	1,46
113	M*	Blaye	0,59	163	4,05	5	138	1,40	9,8	1,70
116	M*	Bordeaux	0,62	159	3,60	4,46	127	1,55	9,2	1,52
119	F*	Bourg	0,67	165	3,70	6,10	137,5	3,70	11,3	1,28
120	F*	—	0,55	170	4,35	6,00	136	3,55	10,8	
121	F*	—	0,55	161	3,32	5,84	130,5	4,10		
122	M*	Arveyres	0,60	166	4,80	3,76	113	1,89	11	
125	F*	Callonges	0,59	151	4,65	7,20	116	6,81		
126	M*	Bourg	0,52	141	4,25	4,30	105	2,15		
127	F	Maubert	0,66	163	5,25	4,23	133	3,00	12	
128	F	Talmont	0,69	168	6,50	3	136	3,30	8,3	
129	F	—	0,73	172	5,85	3,38	131	2,59	8,9	
130	F*	—	0,70	162	4,45	2,84	117	3,93	8,9	
132	M	Saint-Seurin	0,69	168	4,45	5	138,5	1,70	9,3	
134	F*	Marmande	0,63	160		3,92	113,5	2,55	10	

Valeur absolue de l'abaissement du point de congélation exprimé en degrés C
Analyse du plasma d'*Acipenser sturio* de la Gironde 1959

TABLEAU 59

Les teneurs en ions sont exprimées en mEq/litre
L'erreur sur les analyses est la moyenne des écarts obtenus en faisant deux analyses sur chaque échantillon
L'astérisque indique les individus mâles (M) et femelles (F) matures

Numéro	Sexe	Lieu de capture	Na	K	Cl	P
460.....	F	Callonges.....	163,5	4,93	131,0	7,70
461.....	F*	—	171,5	4,35	136	8,05
462.....	F*	—	170	4,46	134	8,70
463.....	M	—	164	4,49	112,5	6,45
466.....	F*	Maubert	168	5,21	130,5	7,46
467.....	F*	Callonges.....	167,5	4,66	128,5	6,02
468.....	F*	—	167	4,57	130	9,80
469.....	F*	—	155	4,52	115,5	9,81
470.....	F	—	165	4,68	134,5	7,34
472.....	F*	—	158	5,19	119,5	9,10
477.....	F*	—	164,5	4,10	127,5	6,59
478.....	1 F*	—	163	3,91	130,5	10,39
479.....	F*	—	162	4,08	121,5	8,52
482.....	F*	—	172	4,05	126,5	8
485.....	F*	—	166	3,74	124	9,86
487.....	F*	—	166	4,26	130,5	7,54
488.....	F*	—	169,5	3,99	132,5	8
489.....	F*	—	168,5	4,25	124	9,05
491.....	M*	—	162	5,13	122,5	9,40
493.....	F*	—	159	5,49	124,5	9,05
494.....	M	—	162,5	5,19	129	8,41
495.....	M*	—	156	5,11	116	7,82
496.....	M	—	162	4,80	134,5	7,82
497.....	1 F*	—	162,5	4,33	122,5	7,91
498.....	M*	Maubert	160	4,50	113,5	6,73
Moyen.....			164	4,56	126	8,2
σ			4,4	0,5	7,1	1,1
Erreur d'analyse			1	0,07	0,5	0,2

Analyses du plasma d'*Acipenser sturio* de la Gironde effectuées en 1961

Nous avons calculé les moyennes des concentrations de chaque ion dans ces deux lots d'esturgeons capturés en eau douce, et capturés en eau saumâtre. Nous avons recherché ensuite la signification statistique des différences obtenues en utilisant le test *t* de STUDENT : d'après le nombre de spécimens examinés, nous déduisons de cette valeur *t* à quel niveau de probabilité la différence est significative. Les résultats de ces calculs sont donnés dans le tableau 60.

TABLEAU 60

La teneur moyenne en ions est exprimée en mEq/litre et l'abaissement moyen du point de congélation Δ en degrés C ; N = nombre de spécimens
La probalité P d'une différence significative entre les moyennes a été calculée par le test t de STUDENT

Ions	Eau douce			Eau saumâtre			t	P
	Moyenne	N	Variance	Moyenne	N	Variance		
Na.....	155,82	17	188,3	163,6	39	59,42	2,6	0,01
K	4,3	15	0,25	4,65	39	0,347	1,98	0,1
Ca.....	4,5	11	1,018	4,2	14	1,188	0,67	0,6
Mg	2,54	11	0,774	3,13	14	1,932	1,14	0,3
Cl.....	119,71	14	184,7	126,4	39	63,10	2,1	0,05
PO_4.....	9,2	13	2,22	8,55	38	1,81	1,43	0,2
SO_4.....	1,40	6	0,044	0,99	6	0,129	2,22	0,05
Δ	0,5917	17	0,0033	0,6385	14	0,0039	2,12	0,05

Comparaison de la composition osmotique et ionique du plasma des esturgeons capturés en eau douce et en eau saumâtre

Nous voyons qu'il y a une différence hautement significative (P = 0,01) dans la teneur du plasma en Na, une différence significative (P = 0,05) dans la teneur du plasma en Cl et S et dans l'abaissement du point de congélation, et enfin qu'il n'y a pas de différence significative dans la teneur en ions K, PO_4 Mg, Ca (P égale respectivement 0,1-0,2-0,3-0,6). On peut donc affirmer que lorsque les esturgeons matures remontent le fleuve pour frayer, l'abaissement du point de congélation du plasma diminue : cette diminution est due principalement à une chute des ions Cl et Na; l'augmentation de SO_4 n'a qu'une faible influence sur la pression osmotique du sang.

Ces variations de la composition ionique du plasma au cours de la migration anadrome sont illustrées par les ionogrammes de la figure 52. Elles seront discutées dans les conclusions générales de ce chapitre en même temps que les grandes variations individuelles que nous avons observées dans la composition du plasma des esturgeons en période de fraye.

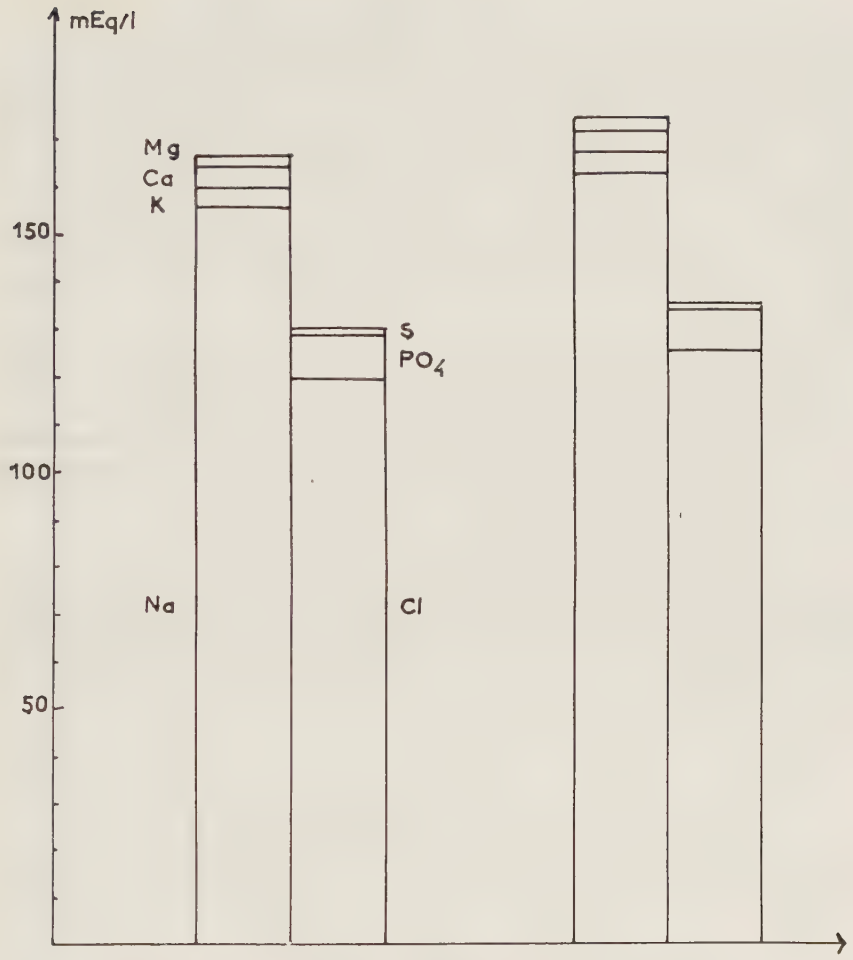


Fig. 52. — Ionogramme du plasma d'*Acipenser sturio* matures durant la migration reproductrice : en eau douce (à gauche) et en eau saumâtre (à droite).

2. Esturgeons élevés en aquarium.

Deux séries d'expérimentation ont été réalisées à la station biologique d'Arcachon. Le nombre de spécimens examinés est relativement restreint. En 1958, onze spécimens ont pu être élevés en aquarium; en 1961 sur une vingtaine de spécimens amenés à la Station, un grand nombre est mort peu après l'arrivée et il en restait finalement 7. Tous ces individus sont des immatures.

Ces expériences nous ont d'abord permis de préciser l'adaptation des jeunes esturgeons à l'eau salée et de confirmer ainsi nos conclusions sur la descente progressive des jeunes esturgeons des eaux douces vers les eaux saumâtres de l'estuaire et ensuite vers la mer. Les esturgeons de 2 ans supportent en effet

très bien des salinités de 3 g °/oo de ClNa (N° 66, 67, 68, 73) ou même de 8 g °/oo (N° 70), mais ils ne supportent pas encore des salinités élevées : en effet, mis en eau de mer, tous ces esturgeons sont morts. Un spécimen de 3 ans (50 cm) a déjà mieux supporté le transfert d'une eau à 8 g °/oo de ClNa à l'eau de mer; il donnait cependant des signes de souffrance physiologique au bout de 4 jours. Les esturgeons de 4-6 ans supportent par contre parfaitement une eau de salinité égale à 33 g de ClNa par litre. (N° 544, 546 et 549). Ce serait donc à cet âge là que les jeunes esturgeons sont capables de vivre dans l'océan. Cette conclusion est confirmée par nos observations sur le terrain : la plus grande partie en effet des jeunes esturgeons ont gagné les eaux du littoral atlantique vers l'âge de 4-5 ans.

L'adaptation à l'eau de mer est donc fonction de l'âge. Mais une fois acquise la capacité de vivre en eau de mer, ces esturgeons peuvent alors s'adapter facilement aux eaux de salinité moindre. En effet, des spécimens de 7 ans supportent facilement des eaux ayant 8 g/litre de ClNa (n° 75). Ils sont même parfaitement capables de s'adapter à l'eau douce (n° 545, 547, 548). C'est cette grande euryhalinité qui leur permet d'effectuer les déplacements saisonniers de la mer vers les eaux saumâtres des estuaires.

Comment se fait la régulation ionique du milieu interne au cours de ces passages dans des milieux de salinités différentes ? Il faut avouer que cela est plus difficile à préciser à partir des seules analyses biochimiques qui ont été réalisées avec ces élevages : ces analyses se ramènent en effet à 6 en 1958 et à 7 en 1961 (tableaux 61 et 62).

TABLEAU 61

Δ : Abaissement du point de congélation en °C
Les teneurs en ions sont exprimées en mEq/litre

Numéro	Δ	Na	K	Cl	Age	Remarques
70.....		278	13,1		II	12 heures en eau de mer : mourant.
71.....		158	4,4		II	Eau à salinité 7,5 g/l : 12 jours.
73.....	0,74	204	8,2	140	II	12 heures en eau de mer : mourant.
74.....	0,54	129	4,7		V	Eau à salinité 6 g/l : 2 mois.
75.....	0,50	149	5,0	121	VII	Eau à salinité 6 g/l : 2 mois.
76.....	0,40	143	6,3		II	Eau douce : 1 mois 1/2.

Analyse du plasma d'esturgeons expérimentés à Arcachon en 1958

TABLEAU 62

La valeur *e* exprime l'écart entre deux mesures faites sur le même échantillon

Numéro	Na		K		Cl		Milieu, durée de séjour
	mEq/l	*e*	mEq/l	*e*	mEq/l	*e*	
542.....	113	4,3	3,82	0,23	92,2	1,12	Eau douce : 10 jours.
544.....	151,7	0	5	0,05	129,3	2,25	Eau de mer : 10 jours.
545.....	145,2	0,4	4,46	0,10	125,9	0,56	Eau douce : 8 jours.
546.....	154,3	3,9	4,08	0,03	135,7	0	Eau de mer : 8 jours.
547.....	148,7	0,4	4,77	0,15	126,7	1,12	Eau douce : 8 jours.
548.....	126		3,85		118	0,56	Eau douce : 8 jours.
549.....	149,5	8,7	4,02	0,08	129,5	1,69	Eau de mer : 38 jours.

Composition minérale du plasma des *Acipenser sturio* en expérimentation à Arcachon en 1961 (en mEq/l)

Sur ces treize spécimens, il faut d'abord mettre à part les n° 70 et 73. Ces esturgeons âgés de 2 ans ont été mis en eau de mer et ils étaient mourants au moment où l'on a prélevé leur sang. Les analyses montrent qu'à cet âge, la régulation osmotique n'a pas joué suffisamment : le milieu interne s'est concentré en ions Na (278 et 204 mEq/litre), K (13,1 et 9,2 mEq/litre) et Cl (140 mEq/litre).

Parmi les autres spécimens, cinq ont été élevés en eau douce de 8 à 45 jours, trois en eau saumâtre (6 à 7 g/litre de ClNa) pendant 12 à 60 jours et trois en eau de mer (32-33 g/litre de ClNa) pendant 8 à 38 jours. La comparaison entre ces trois lots est résumée dans le tableau 63. En se basant uniquement sur les moyennes obtenues il semblerait que la chlorémie et la natrémie augmentent parallèlement à la salinité des eaux, alors que la kaliémie, reste inchangée.

TABLEAU 63

Milieu	Na			K			Cl		
	N	Moyen.	Extrêmes	N	Moyen.	Extrêmes	N	Moyen.	Extrêmes
Eau douce.....	5	135,2	113–149	5	4,66	3,8–6,3	4	115,8	92–127
Eau 6 à 7,5 g/litre ClNa.	3	145,3	129–158	3	4,70	4,4–5	1	121	
Eau à 33 g/litre de ClNa.	3	151,8	149–154	3	4,36	4 –5	3	131,5	129–136

Variation de la composition ionique du plasma d'*Acipenser sturio* avec la salinité du milieu externe d'après les résultats expérimentaux résumés dans les tableaux 61 et 62

Il est difficile de préciser sur un aussi petit nombre de spécimens la valeur significative des différences par les seuls calculs statistiques. Ces différences nous semblent cependant valables : elles sont en effet en accord avec ce que nous avons observé chez les *Acipenser oxyrhynchus* immatures du Saint-Laurent. Il y a chez les uns et les autres une osmorégulation véritable mais cependant imparfaite : la concentration du milieu intérieur en ions Cl et Na augmente avec la salinité du milieu extérieur.

Ces niveaux différents dans la composition osmotique et ionique du plasma lors des passages successifs dans les eaux de salinité différentes sont donc vérifiés aussi bien chez les jeunes immatures que chez les matures en migration de fraye.

B. **Analyse de l'urine**

Une étude approfondie du rôle des reins dans la régulation hydrominérale d'un organisme doit comporter :

1° Une étude biochimique de l'urine qui donnera la nature et la concentration des substances excrétées organiques et minérales;

2° Une étude des débits urinaires qui donnera la quantité de substances effectivement éliminées par le rein durant un certain laps de temps.

3° L'étude des mécanismes de filtration, réabsorption et secrétion dans la formation de l'urine.

Ce dernier aspect n'a pas été du tout abordé dans cette étude signalons simplement à ce sujet que des coupes histologiques de reins d'esturgeons montrent des glomérules bien formés. Nous avons aussi essayé de mesurer le flux urinaire sur un certain nombre de jeunes esturgeons élevés en aquarium : nous avons adapté dans la papille uro-génitale une canule se terminant par un petit ballonnet en caoutchouc d'après les indications fournies par M. Tewnsley, biologiste au laboratoire marin de l'Université d'Hawai (Honolulu). Ce procédé ne nous a pas donné satisfaction chez l'esturgeon pour plusieurs raisons :

1° Les deux canaux de Wolff se réunissent en un canal impair très près de la papille uro-génitale. La canule est donc forcément engagée dans l'un ou l'autre des canaux de Wolff;

2° Nous n'étions pas sûr lorsque la canule était en place qu'il y ait étanchéité complète c'est-à-dire qu'il n'y ait pas sortie d'urine à l'extérieur ou entrée d'eau par la papille;

3° Il faudrait ajouter enfin que cette méthode nécessite de fréquentes manipulations qui provoquent chez le poisson des troubles dans le mécanisme hydrominéral et dans l'excrétion de l'urine (phénomène de diurèse de laboratoire décrit plus haut).

Nous ne parlerons donc pas ici de ces expériences. Nous nous en tiendrons à l'étude des analyses d'urine prélevée sur les esturgeons sur les lieux de pêche. Il est bien évident que les perturbations provoquées au moment de la capture du poisson sont aussi réelles que les perturbations provoquées par les manipulations en laboratoire et qu'il faudra en tenir compte de même que de toutes les causes de variations signalées au début de cette étude physiologique.

Le tableau 64 donne la composition osmotique et minérale de l'urine de quinze individus dont cinq femelles et six mâles en migration reproductrice, quatre immatures (trois mâles et une femelle). Il est difficile, étant donné le nombre très faible d'individus d'examiner les variations qui pourraient être dues au sexe et à la maturité sexuelle. Nous nous contenterons donc d'étudier globalement les individus capturés en eau douce d'une part, et en eau saumâtre d'autre part (tableau 65).

TABLEAU 64

L'astérisque indique les poissons en fraye

N°	Na	K	Ca	Mg	Cl	P	S	Δ	Lieu de capture	Sexe
100	28,35	2,56	1,74		0,84	22,06		0,137	Branne	F*
101	44,43	3,44	5,54	1,17	5,63	17,06		0,342	Callonges	F*
102	56,95	7,13	3,73	3,81	0,56	33,06	4,26	0,447	—	M*
105	18,91	5,77	1,27	0,81	0,84	11,76	1,52	0,184	Gauriac	M*
107	10,78	2,82	1,30	0,60		4,82		0,146	Callonges	F*
109	17,26	7,13	0,92	1,04	0,28	7,23	1,95	0,185	Bourg	M*
110	61,74	5,12	4,61	3	1,12				Callonges	F*
111	37,04	7,23	2,30	1,15		17,06		0,207	Bourg	M*
112	50,60	4,62	2,46	1,50	11,83	37,35	3,65		Rions	M*
113	55,65	6,31	4,03	3,77	26,70	17,65	4,66	0,376	Blaye	M
116	41,83	6,15	4,25	1,89	13,50	25,59	3,65		Bordeaux	M*
121			4,53	1,33		14,70			Bourg	F
122	41,30	6,10	2,31	1,59	1,12	22,47	3,65	0,278	Arveyres	M
125			3,77	1,20		10,12		0,358	Callonges	F*
126	46,87	6,90	2,98	2	6,74	20,88	3,04	0,337	Bourg	M

Degré cryoscopique (en degré) et teneur en ions
exprimée en mEq/l de l'urine d'*Acipenser sturio* recueilli en 1959

En eau douce, la moyenne des Δ est 0,221 °C. L'abaissement du point de congélation de l'urine des esturgeons est supérieur à celui de l'urine de la plupart des poissons d'eau douce : *Ameiurus nebulosus* 0,025; *Amia calva* 0,07; *Lepisosteus osseus* 0,08; *Catostomus commersonii* 0,094; *Anguilla rostrata* 0,09; *Cyprinus carpio* 0,06 à 0,10; Elasmobranches 0,10 (d'après Smith, 1931; Martret, 1939 et Black 1957). Il se peut que les manipulations de pêche soient en partie cause de l'augmentation de Δ. Quoi qu'il en soit, l'urine des esturgeons en eau douce est très nettement hypotonique par rapport au plasma, phénomène tout à fait naturel pour lutter contre la pénétration de l'eau dans le corps par osmose. Comme chez les Téléostéens d'eau douce la présence de glomérules de Malpighi favorise sans doute l'élimination rénale de l'eau.

TABLEAU 65

La teneur en ions est exprimée en milliéquivalents par litre et Δ en °C

	Numéro	Na	K	Ca	Mg	Cl	PO^4	SO^4	Δ
I	100.....	28,35	2,56	1,74		0,84	22,06		0,137
	109.....	17,26	7,13	0,92	2,04	0,28	7,23	1,95	0,185
	111.....	37,04	7,23	3,30	1,15		17,06		0,207
	112.....	50,60	4,62	2,46	1,50	11,83	37,35	3,65	
	116.....	41,83	6,15	4,25	1,89	13,50	25,59	3,65	
	121.....			4,53	1,33		14,70		
	122.....	41,30	6,10	2,31	1,59	1,12	22,47	3,64	0,278
	126.....	46,87	6,90	2,98	2,00	6,74	20,88	3,04	0,337
	105.....	18,91	5,77	1,27	0,81	0,84	11,76	1,52	0,184
	Moyenne ..	35,27	5,80	2,52	1,53	5,02	19,90	2,91	0,221
	Variance ..	136,49	0,223	1,34	0,164	27,69	67,88	0,65	0,0046
II	101.....	44,43	3,44	5,54	1,17	5,63	17,06		0,342
	102.....	59,95	7,13	3,73	3,81	0,56	33,06	4,26	0,447
	107.....	10,78	2,82	1,30	0,60		4,82		0,146
	110.....	61,74	5,12	4,61	3,00	1,12			
	113.....	55,65	6,31	4,033	3,77	26,70	17,65	4,66	0,376
	125.....			3,77	1,20		19,12		0,358
	Moyenne ..	46,51	4,96	3,83	2,25	8,50	18,34	4,46	0,333
	Variance ..	355,41	2,68	1,72	1,42	114,29	80,43	0,40	0,113

Comparaison de la composition de l'urine des *Acipenser sturio* de la Gironde capturés en eau douce (I) et en eau saumâtre (II) en 1959

Bien que très hypotonique, l'urine contient néanmoins des substances minérales. Chez les poissons d'eau douce, la nourriture pourvoit, au moins en partie, au remplacement de ces ions. Les esturgeons cependant, comme la plupart des migrateurs, ne mangent pas au cours de leur migration de fraye, ils doivent donc posséder des mécanismes d'absorption active d'ions à partir de l'eau environnante : comme chez les autres poissons, le siège des échanges est vraisemblablement les branchies.

L'échange d'ions entre le milieu interne et le milieu externe se fait donc suivant le même mécanisme chez les Téléostéens d'eau douce et chez les esturgeons qui vivent en eau douce. Il est très probable que l'on puisse rapprocher

de même les esturgeons vivant en mer avec les Téléostéens marins. Ces derniers ont à lutter contre une déshydratation provoquée par la différence de pression osmotique entre le milieu interne (Δ = — 0,80 °C environ) et le milieu externe (Δ = — 2 °C). Une abondante ingestion d'eau de mer pourvoit au remplacement de l'eau mais entraîne aussi en contre partie un important apport de sels. Une partie de ces sels sera éliminée par le tube digestif lui-même; une autre partie sera éliminée par les reins et le reste enfin, par les branchies (les chlorures surtout). L'eau filtrée à travers les glomérules rénaux sera en partie réabsorbée dans les tubules urinaires et l'urine sera finalement peu abondante et très minéralisée.

A mesure que les esturgeons pénétreront dans les estuaires, la différence entre les Δ du milieu interne et du milieu externe diminuera. L'abaissement du point de congélation du plasma, d'abord inférieur à l'abaissement du point de congélation des eaux saumâtres, deviendra égal et ensuite supérieur. Les lois de l'osmose qui provoquent d'abord un départ d'eau vers l'extérieur, ne joueront plus à un moment donné et déclencheront ensuite un mouvement d'eau en sens inverse comme nous l'avons vu plus haut en eau douce. Il ne sera donc pas étonnant, dans nos analyses d'urine de poissons en eau saumâtre, de rencontrer des variations très grandes dans leur composition osmotique et ionique (Δ varie entre 0,14 et 0,48 °C; Na entre 11 et 62 mEq/l; Cl entre 0,6 et 27 mEq/l). L'étude des variations de Δ et de la teneur en ions est de ce fait impossible. Nous retiendrons une seule chose de ces données c'est que l'urine est en moyenne plus minéralisée qu'en eau douce, ce qui démontre que, au point de vue échanges hydrominéraux avec l'extérieur, les Acipensérides se comportent dans les divers milieux où ils se trouvent comme les Téléostéens vivant dans ces milieux.

C. Analyse des tissus musculaires

Dans les généralités sur la régulation osmotique et ionique du milieu interne des poissons nous avons vu que le rôle des muscles dans cette régulation est encore bien obscur et bien discuté. Nous avons d'autre part précisé les difficultés d'analyse de certains ions musculaires, en particulier Na, K et Cl. Nous avons enfin discuté la valeur de notre échantillonnage; des prélèvements de quelques grammes de muscles entraînent des erreurs non négligeables. Il faut ajouter enfin que le matériel que nous avons recueilli est très hétérogène, les 30 esturgeons examinés se répartissent ainsi :

24 observés sur les lieux de pêche, dont :

18 en eau saumâtre : 3 immatures, 1 mâle et 14 femelles matures,
6 en eau douce : 4 femelles et 2 mâles matures.

6 élevés en aquarium.

Ces remarques préliminaires montrent la difficulté d'exploiter les résultats de nos analyses de muscles. Il nous a semblé néanmoins utile de présenter l'ensemble de ces résultats : à défaut d'éclairer le problème de l'osmorégulation

TABLEAU 66

Les teneurs sont exprimées en mEq/kg de tissu frais

Numéro	Eau	Na	K	Ca	Mg	Lieu de capture
104.....	825,6	3,61	75,38	13	9,16	Callonges.
105.....	776,9	4,22	55,89	13,5	14,16	Gauriac.
106.....	763,6	4,04	81,79	15,5	14,16	Lestiac.
107.....	783	4,17	55,64	18	20,83	Callonges.
110.....	787,7	5,17	51,79	15,5	15,83	Callonges.
112.....	792,9	4,69	59,48	12	16,66	Rions.
119.....	764,3	4,56	56,41	15,5	14,16	Bourg.
120.....	780,8	5,69	41,53	24	17,49	Bourg.
121.....	807,9	4,56	43,33	14,5	18,33	Bourg.
134.....	794,8	4,91	70,76	13	16,66	Marmande.
136.....	772,4	5,08	48,20	28,5	18,33	Oléron,
137.....	785,5	4,65	55,12	19	14,16	Royans.

Analyse du tissu musculaire prélevé sur les lieux de pêche en 1959

TABLEAU 67

Les teneurs sont exprimées en mEq/kg de tissu frais

Numéro	Eau	Na	K	P	Lieu de capture
463.....	780,0	7,69	108,97	211,16	Callonges,
466.....	797,6	7,30	108,97	162,34	Maubert.
468.....	780,0	6,78	112,30	222,34	Saint-Bonnet.
469.....	789,5	6,30	109,73	171,75	Saint-Bonnet.
478.....	780,0	12,82	90,25	159,99	Callonges.
479.....	779,0	6,78	91,28	165,87	Callonges.
480.....	780,0	6,73	103,33	170,58	Callonges.
483.....	806,8				Saint-Bonnet.
485.....	794,5	7,78	97,68	176,46	Saint-Bonnet.
487.....	796,8	7,86	104,09	157,43	Callonges.
488.....	775,3	8,69	110,25	170,58	Saint-Bonnet.
489.....	787,7	7,13	126,15	208,22	Saint-Bonnet.
Moyenne.....	787,26	7,78	105,63	179,40	
σ.....	9,40	1,03	2,71	21,70	

Analyse des tissus musculaires prélevés sur les lieux de pêche en 1961

ils donneront au moins une première idée de la composition minérale des muscles de cette espèce. Les tableaux 66 et 67 donnent les analyses de muscles d'esturgeons examinés en 1959 et 1961 sur le terrain; le tableau 68 donne la composition des muscles des esturgeons élevés en aquarium.

TABLEAU 68

Les teneurs sont exprimées en g/kg de tissu frais

Numéro	Eau	Tissu sec	Graisse	Cl	Milieu et durée de l'expérimentation
542.....	813,4	186,5	18,3	0,69	Eau douce : 10 jours.
543.....	740,1	259,8	22,2	1,09	Eau de mer : 2 jours (mourant).
544.....	788,2	211,8	21,8	0,72	Eau de mer : 20 jours.
545.....	795,3	204,7	15,2	0,44	Eau douce : 8 jours.
546.....	778,1	221,9	18,7	0,51	Eau de mer : 8 jours.
547.....	796,5	203,5	17,5	0,45	Eau douce : 8 jours.
549.....	808,4	191,9	9,2	0,64	Eau de mer : 38 jours.

Analyse des tissus des esturgeons mis en expérimentation à Arcachon en 1961

La comparaison entre les animaux capturés en eau douce ou élevés en eau douce d'une part, et les animaux capturés en eau saumâtre et élevés en eau de mer d'autre part, n'a permis de déceler aucune différence significative dans la teneur des tissus en eau, en graisse et en ions Na, K, Cl, P.

Pour les ions Na, K, Mac Leod, Jonas et Mac Bride (1958) signalent sur les saumons du Pacifique de grandes différences individuelles dont les raisons, d'après ces auteurs, sont obscures.

Il peut sembler étonnant à première vue que la teneur en graisse ne diminue pas régulièrement au cours de la montée reproductrice vers les eaux douces (1) puisque les esturgeons ne mangent pas au cours de cette montée, et que, par contre, ils ont besoin de sources d'énergie non seulement pour vivre mais encore pour se déplacer contre le courant et enfin pour la maturation des gonades. En cela les esturgeons ne seraient pas une exception : on trouve le même phénomène chez les saumons *Oncorhynchus Kisuutch* (Mac Leod, Jonas et Onofrey, 1960). Il semble que l'esturgeon puise d'abord son énergie dans les masses graisseuses qui entourent les gonades chez les immatures (chap. V).

(1) Comme cela a été observé chez *Oncorhynchus gorbulska* (Davidson et Shotrom 1936).

Étant donné l'imprécision avec laquelle nous connaissons la valeur de la teneur en Cl des tissus il est évidemment impossible de nous faire une idée même approximative de l'espace chlore et du volume du fluide extracellulaire chez les esturgeons *Acipenser sturio*.

CONCLUSION

Le fait le plus solidement établi dans cette étude de la régulation osmotique de l'*Acipenser sturio* est la diminution de la teneur en Cl et en Na du plasma des adultes qui remontent de l'eau de mer vers les eaux douces. La descente des jeunes et des adultes qui ont frayé des eaux douces vers les eaux saumâtres s'accompagne inversement d'une augmentation de la concentration du plasma en ces deux ions. Les échanges minéraux entre le milieu interne et le milieu externe sont identiques chez les esturgeons et chez les Téléostéens glomérulaires. Il n'a pas été possible d'établir le rôle des tissus musculaires dans la régulation minérale de l'organisme.

III. *ACIPENSER FULVESCENS*

Le matériel étudié est constitué de 18 spécimens (tableau 69) de trois provenances différentes :

— 7 de la rivière Ottawa dont 5 immatures et 2 matures (1 mâle et 1 femelle);

— 5 du fleuve Saint-Laurent de la région de Québec, tous immatures;

— 6 du lac Nipissing dont 1 immature et 5 matures (1 mâle et 4 femelles).

Nous avons comparé la teneur en ions du plasma de ces trois groupes (tableau 70). La similitude de composition ionique est frappante dans les deux premiers : il n'y a pas de différence significative dans la teneur en ions entre les esturgeons de la rivière Ottawa et ceux du fleuve Saint-Laurent. L'homogénéité de cette population au point de vue structure hydrominérale du milieu interne vient confirmer l'homogénéité que nous avons établie à propos des relations longueur-poids, et de la croissance.

Le plasma des esturgeons du lac Nipissing semble avoir une composition minérale différente. Le calcul du t de Student établit une différence significative pour la teneur en ions Cl, Na, et Mg. On ne peut cependant pas conclure à une différence du métabolisme hydrominéral parallèle à la différence de métabolisme général (chap. I) entre les deux populations des rivières et des lacs. Ces différences pourraient être dues seulement à une différence de maturité sexuelle : les esturgeons du lac Nipissing sont en effet tous, sauf un, arrivés à maturité sexuelle, alors que parmi les spécimens de la rivière Ottawa et du lac Nipissing, 2 seulement sur 12 sont matures.

La comparaison entre la composition minérale du plasma des *Acipenser fulvescens* avec celle des *Acipenser oxyrhynchus* vivant dans le même milieu d'eau douce (tableau 54) est aussi intéressante : elle indique une différence très nette : le plasma de l'espèce migratrice a une teneur en Na, Cl, Ca et P bien supérieure et une teneur en K inférieure à celle de l'espèce sédentaire.

TABLEAU 69

La teneur en ions est exprimée en mEq/litre

Numéro	Na	K	Ca	Mg	Cl	P
155	143,5	3,98	2,6		105	
159	143,5	3,66	2,6	2,1	111	5,6
160	143,5	4,30	3,1	2,8	111	6,3
161	148	5,37	3,6	3,2	117,5	4,8
163	140	5,15	3,1	2,9	107	5,9
164	148	3,98	2,3	3,0	116,5	4,3
165	148	3,75	2,0	3,0	119	4,5
166	148	3,87	2,6	3,6	116	4,8
167	155	4,62	3,2	3,8	103	6,0
168	142	4,74	2,1	2,3	109	3,3
169	143,5	4,74	2,3	1,8	101,5	5,3
170	141				109	
171	143,5	3,75	2,7	3,5	104	3,9
181	137	3,55	2,9	1,5	95	4,8
182	142	3,66	2,5	1,9	105	4,7
183	140	3,44	2,5	1,7	95	4,0
184	149	3,75	2,5	2,1	113,5	
213	148	3,42	2,2	2,4	113,5	
TOTAL	2 603,5	69,73	44,8	41,6	1 951,5	68,2
Moyenne	144,6	4,10	2,6	2,6	108,4	4,9
σ	4,10	0,6	0,4	0,7	6,9	0,8

Analyse du plasma d'*Acipenser fulvescens*

TABLEAU 70

Lieu	Numéro	Na	K	Ca	Mg	Cl	P
I	155.....	143,5	3,98	2,6		105	
	159.....	143,5	3,66	2,6	2,1	111	5,6
	160.....	143,5	4,30	3,1	2,8	111	6,3
	168.....	142	4,74	2,1	2,3	109	3,3
	169.....	143,5	4,74	2,3	1,8	101	5,3
	170.....	141				109	
	171.....	143,5	3,75	2,7	3,5	104	3,9
	TOTAL.....	1 000,5	25,17	15,4	12,5	750	24,3
	Moyenne	143	4,2	2,56	2,5	107	4,8
	σ	0,9	0,42	0,32	0,6	3,6	1,09
II	181.....	137	3,55	2,9	1,5	95	4,8
	182.....	142	3,66	2,5	1,9	105	4,7
	183.....	140	3,44	2,5	1,7	95	4
	184.....	149	3,75	2,5	2,1	114	
	213.....	148	3,42	2,2	2,4	113	
	TOTAL.....	716	17,82	12,6	9,6	522	13,5
	Moyenne	143	3,56	2,5	1,9	104	4,5
	σ	4,6	0,12	0,22	0,31	8,2	0,35
III	161.....	148	5,37	3,6	3,2	117	4,8
	163.....	140	5,15	3,1	2,9	107	5,9
	164.....	148	3,98	2,3	3,0	117	4,3
	165.....	148	3,75	2,0	3,0	119	4,5
	166.....	148	3,87	2,6	3,6	116	4,8
	167.....	155	4,62	3,2	3,8	103	6,0
	TOTAL.....	887	26,74	16,8	19,5	679	30,3
	Moyenne	148	4,46	2,8	3,2	113	5,05
	σ	4,3	0,63	0,55	0,34	5,9	0,66

Comparaison des plasmas d'*Acipenser fulvescens* suivant les lieux de capture :
Rivière Ottawa (I)
Fleuve Saint-Laurent (II)
Lac Nipissing (III)

DISCUSSION ET CONCLUSION

Comme nous le disions dans l'introduction de ce chapitre, cette étude avait surtout pour but de préciser les modalités d'adaptation des esturgeons migrateurs aux différentes salinités : c'est sur ce point que nos résultats apportent le plus de lumière. Avant de résumer et discuter les conclusions auxquelles nous avons abouti dans ce domaine, il nous a semblé intéressant de résumer les quelques données générales sur la régulation osmotique valables pour les trois esturgeons étudiés et probablement pour tous les Acipensérídés.

A. Caractères de la régulation osmotique chez les Acipensérídés

1. Au point de vue composition générale du plasma les esturgeons sont très proches des Téléostéens et très éloignés des Elasmobranches. Ces derniers sont en effet caractérisés par la grande teneur de leur sang en urée ce qui entraîne un très fort abaissement de son point de congélation ($\Delta = -2{,}2$ °C environ). L'abaissement du point de congélation sanguin des Téléostéens est non seulement inférieur en valeur absolue ($\Delta = -0{,}8$ °C chez les Téléostéens marins) mais l'abaissement est surtout dû aux substances minérales : le rapport de Δ dû à ClNa au Δ total est en effet égal à 0,75 chez les Téléostéens et 0,44 chez les Sélaciens (Duval, 1925) : la valeur de ce rapport chez *Acipenser sturio* oscille autour de 0,75.

La teneur du plasma en phosphore est intéressante aussi à comparer : Fontaine (1932) a démontré que la phosphatémie était nettement plus basse chez les Sélaciens (78 mg/litrre) que chez les Téléostéens marins (130-159 mg/litre) et établissait une relation entre la teneur du plasma en P et l'ossification du squelette. Au point de vue squelette, les esturgeons sont intermédiaires entre les Sélaciens et les Téléostéens puisqu'ils possèdent des éléments osseux mais la plus grande partie de leur squelette interne est cartilagineuse. Nos analyses confirment l'hypothèse de Fontaine puisque le phosphore plasmatique des *Acipenser sturio* et des *Acipenser oxyrhynchus* en eau saumâtre est respectivement égal à 144 et 97 mg/litre.

2. Nous avons établi les ressemblances qui existaient entre les *Acipenser sturio* et les Téléostéens au point de vue des échanges hydrominéraux entre le milieu interne et le milieu externe. Il semble que cette similitude doive s'étendre à tous les Acipensérídés. En effet, les coupes histologiques effectuées dans les reins des *Acipenser oxyrhynchus* et des *Acipenser fulvescens* montrent le même développement des glomérules de Malpighi. Le mécanisme d'excrétion rénale doit être très semblable chez les Acipensérídés et chez les Téléostéens glomérulaires. Se basant sur le rôle de ces glomérules, Smith (1932) et Marshall (1934) en ont tiré des conclusions phylogénétiques sur l'origine dulcicole des Vertébrés. Ces discussions ont été critiquées par Robertson (1954). Il semble néanmoins que cette caractéristique anatomique du rein favorise les adaptations des poissons à l'eau douce.

3. Il existe des différences dans la structure osmotique et ionique entre les diverses espèces d'Acipensérides : nous l'avons établi en comparant les *Acipenser oxyrhynchus* et les *Acipenser fulvescens* immatures vivant dans le même milieu. Il est plus difficile de comparer cependant les espèces vivant dans des milieux différents et surtout les espèces migratrices étant donné les multiples facteurs qui interviennent dans leur osmorégulation.

4. Nous avons établi qu'il n'y avait pas de différence quant à la structure minérale du milieu interne entre les deux sexes chez les poissons immatures. Chez les matures nous n'avons pas pu établir de différences significatives d'après les spécimens en nombre réduit qui étaient en notre possession.

B. Esturgeons migrateurs

1. L'adaptation à l'eau de mer du jeune alevin né en eau douce est très progressive. Les très jeunes esturgeons ne supportent pas des salinités très fortes. Par contre, une fois capables de supporter des salinités plus fortes ils conservent leur faculté de s'adapter aux eaux de salinité moindre. Ces conclusions confirment les observations que nous avions faites sur la lente progression des jeunes vers les eaux de plus en plus salées et permettent d'expliquer la possibilité qu'ont les jeunes immatures d'effectuer des migrations saisonnières annuelles entre les eaux marines et les eaux saumâtres des estuaires.

2. Au point de vue composition osmotique et ionique du plasma dans les milieux de salinité différente, nous avons fait la même observation chez les *Acipenser oxyrhynchus* et les *Acipenser sturio*. Le milieu interne varie, la pression osmotique est plus forte chez les esturgeons vivant en eau saumâtre que chez les esturgeons qui vivent en eau douce, cette différence étant due essentiellement à la teneur plus élevée en ions Cl^- et Na^+. Ceci a été constaté chez d'autres Acipensérides : Kalashnikov et Skadovskii (1948) signalent la même chute de Cl^- chez les *Acipenser stellatus* durant leur remontée migratrice vers les eaux douces.

Il est intéressant de rapprocher les Acipensérides des autres poissons euryhalins. Ces derniers peuvent être classés en deux grandes catégories suivant les modalités d'adaptation du milieu interne en fonction de la salinité du milieu externe. Tous présentent au début une période plus ou moins longue d'adaptation au moment du changement de milieu, période pendant laquelle leur milieu interne peut présenter des compositions hydrominérales transitoires très variables. Après cela, certains reprennent un milieu interne identique au précédent : c'est le cas de l'anguille (Duval, 1925; Boucher-Firly et Fontaine, 1933), de l'épinoche (Gueylard, 1924 *b*, Koch et Heuts, 1943) de *Fundulus* (Burden, 1956). Chez d'autres par contre la régulation osmotique n'est pas totale : le milieu interne final est différent du milieu initial; le Δ en eau saumâtre est plus élevé en valeur absolue qu'en eau douce : c'est le cas des Salmonidés (Greene, 1904; Benditt, Morrisson et Irving, 1941;

Busnel, 1942, 1943; Fontaine, 1943, 1948 *a*; Busnel, Drilhon et Raffy, 1946; Fontaine et Koch, 1950; Gordon, 1957, 1959). Les Acipensérides se rapprocheraient donc sur ce plan des Salmonidés.

L'explication de ces deux niveaux différents dans l'équilibre hydrominéral du milieu interne est difficile à préciser. Greene (1904), pour le saumon, pense que la diminution du Δ plasmatique au cours de la migration de fraye est due surtout à l'absence de nourriture et au métabolisme intense provoqué par la maturation des gonades. Il ne semble pas que ce soit là la raison profonde du moins chez les Acipensérides puisque nous observons déjà les mêmes phénomènes chez les jeunes immatures qui se nourrissent normalement. Cela est plutôt dû à l'imperfection du mécanisme osmorégulateur qui ne peut s'opposer complètement aux influences du milieu extérieur.

La variation de la teneur en ions plasmatiques autres que Cl et Na est plus difficile à établir d'après nos données. Les seules différences significatives que nous ayons observées chez les *Acipenser oxyrhynchus* immatures qui passaient de l'eau douce à l'eau saumâtre, étaient une augmentation du Mg et une diminution du P et du Ca plasmatique.

3. Nous avons remarqué pour l'*Acipenser sturio* que la composition osmotique et ionique des plasmas des esturgeons en migration reproductrice présentait de grandes variations individuelles, beaucoup plus marquées que chez les immatures. Ces variations ne s'expliquent pas uniquement par les divers facteurs que nous avons signalés comme agissant sur l'équilibre hydrominéral des poissons. Il semble que la maturation des gonades provoque chez ces poissons des perturbations profondes dans la régulation du métabolisme de l'eau et des électrolytes. Il semble qu'il y ait diminution de la capacité de régulation osmotique comme cela a été signalé chez *Petromyzon marinus* (Fontaine, 1930 *a*), *Lampetra fluviatilis* (Galloway, 1933) *Gasterosteus aculeatus* (Koch et Heuts, 1943) et *Pygosteus pungitus* (Heuts, 1943).

CHAPITRE V

REPRODUCTION CHEZ LES ESTURGEONS

Après un bref rappel de la structure de l'appareil uro-génital des Chondrostéens en général, nous passerons en revue les grandes phases de la vie sexuelle des trois esturgeons : *Acipenser sturio, Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens :* la période d'immaturité (période juvénile), l'âge auquel ces poissons atteignent la maturité, la durée de leur vie sexuelle et les cycles successifs de reproduction (période adulte); dans ces différents stades nous décrirons le développement morphologique des glandes génitales. Dans une troisième partie enfin nous en étudierons le développement histologique et en particulier la lente transformation des cellules sexuelles mâles et femelles durant la période juvénile, et l'aspect des glandes génitales à la maturité et entre deux frayes successives.

I. STRUCTURE DE L'APPAREIL URO-GÉNITAL DES CHONDROSTÉENS

L'appareil uro-génital des Chondrostéens présente quelques caractéristiques que nous allons rappeler brièvement. Il a été étudié particulièrement chez *Acipenser sturio* par Semon (1891), et Jungersen (1893), chez *Acipenser ruthenus* par Maschkowzeff (1934) et chez *Polyodon folium* par Hyrtl (1954). Une synthèse de ces données a été faite par Van den Broeck (1937) (1).

Les deux canaux de Wolff se réunissent en un court sinus impair. Les deux canaux de Muller existent chez le mâle comme chez la femelle et se jettent dans le sinus impair peu après la jonction des deux canaux de Wolff. Chez la femelle, ce canal sert à l'évacuation des ovules qui tombent dans la cavité générale à leur maturation. Chez le mâle, ce canal ne sert évidemment pas à l'évacuation des spermatozoïdes : ces derniers empruntent à la sortie des testicules, de petits canalicules efférents bien visibles dans le mesorchium; ces canalicules se réunissent en un canal unique d'où partent des rameaux qui vont se mettre en rapport avec les corpuscules de Malpighi et conduisent ainsi la laitance dans le canal de Wolff. Les 3/4 antérieurs du rein possèdent ainsi une fonction séminifère mais ils gardent en même temps une partie de leur fonction urinaire : chez l'*Acipenser ruthenus* en effet, 1/3 seulement des néphrons est ainsi modifié.

---

(1) Le développement embryonnaire de l'appareil uro-génital a été étudié par Fraser (1925) sur *Acipenser fulvescens,* par Maschkowzeff (1924), Mooy (1928), Sawadski (1926), sur *Acipenser ruthenus;* par Jungersen (1893) sur *Acipenser sturio,* et d'une façon plus générale par Balfour (1881-1882), Borcea (1906), Audige (1910).

II. LES DIFFÉRENTES PHASES DE LA VIE SEXUELLE

A. Période juvénile

Chez les très jeunes esturgeons les testicules et les ovaires ne peuvent être différenciés par le seul examen externe même à un grossissement obtenu par loupe binoculaire. Les gonades se présentent alors comme deux cordons blanchâtres s'étendant sur les 2/3 de la cavité abdominale. Ils sont reliés au toit de cette cavité par un méso. Les gonades sont constituées par une partie génitale proprement dite entourée par une masse graisseuse sur toute la longueur.

Très vite, cependant, dès que l'esturgeon a atteint l'âge de 3-4 ans, un sillon se forme sur la face externe de l'ovaire. Ce sillon s'élargit ensuite et bientôt des lamelles transversales apparaissent dans cette gouttière : ces lamelles sont revêtues par l'épithélium germinatif. Ce dernier est donc externe chez les esturgeons comme chez les Sélaciens, alors que chez les Téléostéens il est interne : Champy et Gley (1923) avouent ne pas pouvoir expliquer la position interne de cet épithélium germinatif chez les Téléostéens adultes alors qu'il est externe chez les jeunes. Il doit y avoir, au cours de l'ontogénèse, formation d'une gouttière semblable à celle que nous trouvons chez les Acipensérides. Chez les Téléostéens les deux bords de cette gouttière se soudent donnant aux ovaires l'aspect de sacs avec épithélium germinatif interne alors que les esturgeons garderont toute leur vie le stade intermédiaire. Les testicules ne présentent pas une telle gouttière. Ils gardent la forme d'un cordon compact. D'autre part le testicule se détache très nettement de la partie graisseuse sous-jacente, alors que l'ovaire s'y trouve presque complètement empaqueté.

Ovaire, testicule et graisse augmentent avec l'âge jusqu'au moment de la première maturation des produits sexuels. Les gonades ne présenteront jamais une masse importante chez les immatures : en effet, le rapport gonosomatique au cours de cette période ne dépasse pas la valeur de 0,012. Les gonades enfin garderont la même coloration blanc-jaunâtre.

B. Période adulte

1. Age de la maturité sexuelle.

Il est important de connaître l'âge auquel les poissons atteignent leur maturité sexuelle non seulement d'un point de vue théorique, car c'est là une donnée importante de la biologie d'une espèce, mais aussi d'un point de vue pratique pour la réglementation de la pêche et la pisciculture (Brown, 1957).

La plupart des poissons peuvent se reproduire dès l'âge de 1 ou 2 ans (Bullough, 1951). Certains arrivent à maturité beaucoup plus tôt : poissons tropicaux par exemple (2 à 3 mois) et d'autres beaucoup plus tard : la morue à 4 ans (Jenkis, 1925), le merlus à 10 ans (Hickling 1935), l'anguille de 13 à 22 ans (Frost, 1945). Les esturgeons font partie de cette dernière catégorie :

nous avons résumé dans le tableau 71 les données bibliographiques sur l'âge de la maturité de divers Acipensérídés.

La maturité sexuelle peut ainsi avoir lieu vers 4-5 ans chez les espèces de petite taille : *Acipenser ruthenus* et *Acipenser brevirostris*. Mais chez la plupart des autres espèces la maturité est plus tardive : de 8 à 18 ans chez les mâles, de 9 à 25 ans, chez les femelles. Tous les auteurs notent une précocité plus grande des mâles.

L'âge de la maturité ne semble pas un caractère génétique fixe pour une espèce donnée comme c'est le cas de certains poissons (truites de Norvège d'après Alm, 1949). En effet, le tableau 71 montre des différences au sein de la même espèce; or nous avons reporté dans ce tableau uniquement les différences observées chez les trois espèces que nous étudions mais la même diversité apparaît chez d'autres espèces : *Acipenser ruthenus* par exemple, d'après Jankovic (1948). Comme chez la plupart des poissons, l'âge de maturité dépend surtout de la vitesse de croissance, celle-ci dépendant à son tour de nombreux facteurs signalés au chapitre I : température, nourriture, illumination, mais nos connaissances actuelles sur ce problème sont encore peu précises (Brown, 1957).

Tous ces facteurs étant égaux d'autre part, c'est-à-dire au sein d'une espèce donnée vivant dans un milieu donné, il y aura encore de grandes variations individuelles. Ceci a été particulièrement mis en évidence par Jankovic (1958) sur l'*Acipenser ruthenus* du Danube. Cet auteur disposait d'un très grand nombre d'échantillons de cette espèce et a pu de ce fait étudier ce problème de façon approfondie. Les individus mâles en effet, peuvent arriver à maturité dès l'âge de 3 ans, la plupart y arrivent à 4-5 ans (tableau 71) et quelques-uns enfin l'atteignent plus tard. Il sera difficile sur un nombre réduit de spécimens de voir si les cas examinés font partie de la moyenne ou s'ils sont des cas exceptionnels.

Ces observations diverses ne devront pas être oubliées dans l'étude de la maturité sexuelle que nous allons entreprendre chez les esturgeons des trois espèces : *Acipenser sturio*, *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent.

L'âge de la maturité d'*Acipenser sturio* a aussi été bien étudiée en mer Noire par Berg (1932) et Marti (1939); dans le Pô par Paccagnella (1948) et dans le Guadalquivir par Classen (1944). En Gironde aucune précision ne pouvait exister sur ce sujet étant donné que la croissance elle-même n'était pas connue. Les tableaux 72 et 73 nous donnent la répartition suivant l'âge et la longueur des esturgeons mâles et femelles matures et immatures de la Gironde : ils nous permettent de fixer l'âge et la taille auxquels ces poissons arrivent à maturité. Les mâles peuvent atteindre cette maturité vers 12-13 ans, mais la majorité l'atteint vers 14-15 ans (vers 145 cm). Les femelles sont mûres beaucoup plus tard : elles peuvent frayer dès 18 ans mais la majorité effectue la première fraye vers 20-22 ans (185 cm).

La comparaison avec les *Acipenser sturio* de la mer Noire, du Pô et du Guadalquivir montre une relation indéniable entre l'âge de maturité et la croissance. Nous avons vu que la croissance de cette espèce était plus rapide dans

TABLEAU 71

Age (en années) et taille (en cm) de divers Acipensérídés à leur maturité sexuelle (A = *Acipenser;* H = *Huso*)

Espèce	Lieu de capture	Age		Taille		Auteur
		Mâles	Femelles	Mâles	Femelles	
A. ruthenus	Danube.....	4 – 5	5 – 6	50 – 54	54 – 58	Jankovic (1958).
A. brevirostris.....	Rivière Hudson.....	5	6	65	65	Greeley (1937).
A. fulvescens	Lac Nipigon.....	22	22	90	90	Harkness (1923).
	Lac Winipeg	25	25			Bajkov (1930).
	Lac Saint-François	15	23	102	127	Cuerrier & Roussow (1951).
	Lac Saint-Pierre	14	25	76	117	Cuerrier (1949).
	Saint-Laurent près de Québec.			96,5	114	Vladykov (1955$_b$).
A. oxyrhynchus.....	Rivière Hudson.....	10 ?	12 ?	189	254	Greeley (1937).
	Rivière Hudson.....			122		Hildebrand & Schroeder (1928).
	Fleuve Saint-Laurent.....			(32 kg)	(68 kg)	Vladykov (1955$_b$).
A. sturio.....	Mer du nord, Elbe			120	160	Ehrembaum (1927).
						Mohr (1958).
	Mer Noire, Rion	9 – 16	17 – 18			Berg (1932).
	Mer Noire, Rion	7 – 9	8 – 14	110	137	Marti (1939).
	Mer Noire, d'Azov	8	9			Chugunov (1927).
	Mer Adriatique, Pô.....	9 – 10	11 – 12	120	155	Paccagnella (1948).
	Atlantique, Guadalquivir....	10 – 11	14 – 15	120	150	Classen (1944).
A. guldenstaedti ...	Mer Caspienne	9	10			Kuz'Min (1954).
		12	14	124	135	Petrov (1927).
H. huso	Mer d'Azov.....	12	16	180	200	Tchugunova (1940).
H. dauricus	Amour	18	20	230		Soldatov (1915).

TABLEAU 72

Age	Mâles mûrs	Femelles mûres	Mâles immatures	Femelles immatures
10–11	0	0	9	13
12–13	1	0	6	3
14–15	5	0	1	3
16–17	4	0	0	1
18–19	6	1	0	1
20–25	5	22	1	1
25–30	1	26	0	0
30–35	0	7	0	0
35–40	0	3	0	0
40–45	0	1	0	0

Maturité des *Acipenser sturio* de la Gironde suivant l'âge à partir de 10 ans

TABLEAU 73

Longueur (cm)	Mâles mûrs	Femelles mûres	Mâles immatures	Femelles immatures
110–119	0	0	7	8
120–129	0	0	3	4
130–139	2	0	3	0
140–149	4	0	1	4
150–159	5	0	0	1
160–169	6	0	0	1
170–179	3	2	1	1
180–189	4	11	0	0
190–199	0	14	0	1
200–209	0	12	0	0
210–219	0	10	0	0
220–229	0	9	0	0
250–259	0	2	0	0

Maturité des *Acipenser sturio* de la Gironde suivant la taille

la mer Noire et le Pô que dans le Guadalquivir, et plus rapide dans le Guadalquivir qu'en Gironde. Or, les mâles atteignent leur maturité vers 8-10 ans dans la mer Noire et le Pô, vers 10-11 ans dans le Guadalquivir et vers 14-15 ans dans la Gironde. Les femelles suivent la même progression avec un décalage de 2 à 6 ans sur les mâles.

Les données sur l'âge de maturité des *Acipenser oxyrhynchus* sont inexistantes. En effet, les seules données basées sur la détermination expérimentale de l'âge sont celles de Greeley (1937) : or, comme nous l'avons établi plus haut, les âges des gros individus ont été nettement sous-estimés par cet auteur. En effet, le mâle de 189 cm et la femelle de 245 cm cités dans le tableau 71 ont certainement plus de 10 et 12 ans. Vladykov (1955 *b*) reprend à son compte les résultats de Greeley quand il affirme que les esturgeons du Saint-Laurent frayent pour la première fois vers 10-12 ans. Nous n'avons pas observé nous-mêmes de mâle ni de femelle matures, mais en nous basant, d'une part, sur nos résultats de la croissance d'*Acipenser oxyrhynchus* et, d'autre part, sur les données des captures d'adultes en fraye on peut préciser l'âge de la maturité de cette espèce. Vladykov (1955 *b*) donne comme poids minimum des mâles avec laitance 23 kg et des femelles avec caviar 68 kg; les longueurs correspondantes sont sensiblement 165 cm pour les mâles et 190 cm pour les femelles. Il semble donc que l'on puisse fixer approximativement à 22-24 ans l'âge de la maturité des mâles et 27-28 ans l'âge de la maturité des femelles.

L'âge de la maturité d'*Acipenser fulvescens* a été déterminé en divers points d'Amérique du Nord : lac Nipigon (Harkness, 1923), lac Winipeg (Bajkov, 1939), lac Saint-Pierre (Cuerrier, 1949), lac Saint-François (Cuerrier et Roussow, 1951). Nous n'avions cependant aucune donnée sur les esturgeons du lac Nipissing de la rivière Ottawa et du fleuve Saint-Laurent de la région de Québec, les trois stations où nos recherches ont été effectuées.

Nous n'avons pas observé d'*Acipenser fulvescens* mûr dans la région de Québec. Vladykov (1955 *b*) donne les tailles du plus petit mâle mature observé qui est de 96,5 cm et de la plus petite femelle mature qui est de 114 cm. Ces tailles correspondent réciproquement aux âges de 17-18 ans et 21-22 ans. Ces estimations se rapprochent beaucoup de celles de Cuerrier et Roussow (1951) et de Cuerrier (1949) pour les esturgeons du lac Saint-François et du lac Saint-Pierre. Nous remarquons une fois de plus l'identité de toute la population d'*Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent.

L'étude du coefficient de condition, de la croissance et de la composition minérale du plasma nous avait conduit à inclure dans une même population les esturgeons du Saint-Laurent et de la rivière Ottawa. L'âge de la maturité sexuelle semble cependant plus précoce dans ce dernier milieu du moins pour les mâles. En effet, les 5 mâles matures observés avaient 10-11-12-14 et 15 ans (75 à 100 cm). La seule femelle mature avait 20 ans (92 cm). Mais on ne peut cependant pas tirer de conclusions sûres d'un matériel aussi réduit.

Dans le lac Nipissing notre matériel est encore plus réduit. Nous avons observé un seul mâle mature de 21 ans (125 cm) et 5 femelles matures dont la plus jeune avait 23 ans (139 cm). On ne peut affirmer que ces âges de 21 et 23 ans soient ceux de la maturité de ce poisson car nous n'avons qu'un seul exemplaire immature de 9 ans. On peut cependant remarquer que pour les femelles cet âge de 23 ans correspond à peu près à celui donné par les différents auteurs cités plus haut (tableau 71).

2. Durée de la vie sexuelle.

Les esturgeons femelles gardent leur pouvoir reproducteur jusqu'à un âge très avancé. Nous avons observé une femelle d'*Acipenser sturio* qui avait 42 ans et dont les ovaires étaient bien développés. Nous avons déterminé l'âge d'un *Acipenser oxyrhynchus* femelle de 60 ans dont les ovaires pesaient 40 kg. Une femelle d'*Acipenser fulvescens* de 55 ans avait aussi des œufs bien formés.

Ces observations laisseraient entrevoir que les femelles gardent leur pouvoir reproducteur jusqu'à la fin de leur vie. Nous avons observé cependant un *Acipenser sturio* de 40 ans (243 cm) dont la glande génitale avait l'apparence d'un ovaire mais entièrement envahi par la graisse et sans traces d'ovocytes. Cet arrêt de l'ovogénèse, est-il dû à un état pathologique ou à la vieillesse comme cela a été décrit chez d'autres poissons (Comfort 1956), nous ne pouvons évidemment l'affirmer avec un seul exemplaire.

Les mâles semblent avoir une vie sexuelle plus courte. Classen (1944) avait déjà noté qu'il avait trouvé peu de mâles ayant plus de 19 ans chez les *Acipenser sturio* du Guadalquivir. En Gironde, comme on le voit dans le tableau 72, les mâles ayant plus de 25 ans sont rares : un seul de 27 ans a été observé. Les mâles ont cependant une longévité semblable à celle des femelles comme le prouvent les captures faites en mer : Furnestin et coll. (1958) par exemple signale un esturgeon mâle de 240 cm ayant près de 40 ans. Classen (1944) suggère l'hypothèse que les mâles qui ont perdu leurs facultés reproductrices restent en mer. Cette longévité sexuelle moindre des mâles ressort aussi des observations de Roussow (1955) sur l'*Acipenser fulvescens* : les mâles matures qu'il a examiné ont en effet de 14 à 39 ans alors que les femelles matures peuvent avoir de 25 à 55 ans.

3. Cycle de fraye.

Il est certain que les esturgeons frayent plusieurs fois au cours de leur vie : les grandes différences d'âge et de taille des individus aptes à la reproduction le prouvent. A quel rythme auront lieu les frayes successives ?

Dryagin (1949) écrit à ce sujet : « Les opinions des chercheurs sont tellement contradictoires que la solution de ce problème reste encore imprécise. La plupart des auteurs pensent que les mâles peuvent frayer tous les ans (Loukine, 1937; Persov, 1947). Pour les femelles, les frayes n'auraient lieu que tous les 2-3 ou même 4 ans (Derjavine, 1932; Nedochivine, 1928; Probatov, 1935; Chimidov, 1939 pour différents esturgeons d'U.R.S.S.) » (d'après Detlaf et Ginzbourg, 1954). Tous ces auteurs se basent surtout sur deux arguments pour affirmer le rythme de fraye des femelles :

1. On trouve à la même période des femelles à des degrés de maturité différents.

2. Il est impossible qu'une si grande masse d'œufs puisse se reformer annuellement.

Il est difficile cependant à partir de ces seules données, de préciser la périodicité de fraye des femelles. Seule une étude histologique approfondie d'un grand nombre de spécimens d'âge adulte et effectuée tout au long de l'année pourrait permettre de résoudre ce problème, chez les mâles comme chez les femelles d'ailleurs.

La seule étude de ce genre que nous connaissions est celle de Jankovic (1958) sur le sterlet *Acipenser ruthenus* du Danube. Les mâles frayent tous les ans. Les femelles ne gardent pas le même rythme tout au long de leur vie : jusqu'à 7 ans elles ont un cycle de maturation annuel mais lorsqu'elles ont dépassé cet âge, le cycle est généralement plus long et atteint 2 ans.

Au sujet des trois espèces que nous avons étudiées, nos connaissances sur le cyle sexuel sont très réduites sinon inexistantes et il faut avouer que nos recherches n'ont pas apporté beaucoup de lumière sur ce sujet.

Pour l'*Acipenser sturio* aucune étude précise n'a été faite ni en Gironde ni en d'autres rivières. Classen (1944) affirme simplement que la fraye des femelles n'est pas annuelle. Nous n'avons observé aucune femelle qui soit certainement arrivée à l'état adulte et qui se trouve en période de repos entre deux frayes. Notre ignorance est aussi complète pour l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent.

Barney (1924), se basant sur la grosseur des œufs de 25 *Acipenser fulvescens* pense que le cycle de fraye de ce poisson est de 4 ans, l'année suivant la ponte les œufs atteindraient 0,13 mm ; l'année suivante, 0,35 mm, la 3e année, 1,23 mm et enfin la 4e année les œufs mûrs ont atteint la taille de 2,70 mm. Nos observations sont là aussi trop réduites pour préciser cette question.

Il nous semble cependant qu'il ne faut pas exagérer les intervalles de temps qui séparent deux frayes. Un intervalle de deux ans en tout cas nous paraît très largement suffisant pour que les œufs puissent se reformer complètement : chez le sterlet par exemple, Olchvang (1936) d'après Detlaf et Ginzbourg (1954), a montré que quelques mois seulement après la ponte, les œufs ont déjà presque atteint leurs dimensions définitives c'est-à-dire environ 2 mm chez cette espèce.

4. Aspect des gonades.

L'aspect des gonades chez les individus adultes sera évidemment très différent suivant qu'ils sont en période de fraye ou en période de repos sexuel entre deux frayes. Nous passerons très rapidement sur cette deuxième période car nos observations sont peu nombreuses sur cette phase. L'aspect des gonades à la maturité sera examiné plus en détail et particulièrement chez les femelles.

Bien que nous n'ayons pas observé de femelle venant de frayer il est cependant naturel de penser que les ovaires doivent alors être très réduits. En effet, au moment de la maturité, la membrane ovarienne est très fine, transparente. Lors de la préparation du caviar, on sépare les œufs de cette membrane sur un tamis : d'un ovaire de 5 à 10 kg il ne reste plus que 500 g à 1 kg de résidus. Les testicules présentent alors aussi certainement une grande réduction. L'aspect flasque des ovaires et des testicules après la fraye est décrit par divers auteurs (Detlaf et Ginzbourg, 1954).

Vient ensuite une période de repos sexuel, soit en mer pour les espèces anadromes, soit en eau douce pour les espèces sédentaires. Les esturgeons récupèrent peu à peu les réserves qu'ils ont utilisées : les masses graisseuses entourant les gonades se développent très fortement, plus rapidement même que le tissu germinatif. L'épithélium germinatif ovarien se présente alors comme chez les jeunes en lamelles transversales qui vont s'élargir et s'enfoncer peu à peu dans la masse graisseuse. Le testicule se présente comme un cordon qui grossit et s'allonge peu à peu mais toujours bien séparé de la graisse.

A la maturité, les glandes génitales ont augmenté considérablement de taille aux dépens de la masse graisseuse qui leur est contiguë; cette dernière aura même complètement disparu au moment de la fraye.

Les testicules cependant ont un développement moins important que les ovaires. Ils se présentent en deux masses allongées, légèrement lobulées, blanches. La laitance se voit dans les canalicules efférents qui traversent le mésorchium.

Les femelles ont alors des ovaires très développés qui remplissent la cavité générale et la distendent même un peu. Nous allons étudier plus en détail les ovaires des esturgeons arrivés à maturité et en particulier :

— le rapport du poids des ovaires au poids du corps ou rapport gonosomatique;
— le nombre d'œufs;
— l'aspect des œufs mûrs.

Rapport gonosomatique des femelles matures. Classen (1944) a étudié très en détail les variations de ce rapport gonosomatique chez les *Acipenser sturio* du Guadalquivir. Il a en particulier, étudié les variations de cet « indice de fécondité relative » (c'est ainsi qu'il appelle ce rapport) avec le temps de pêche et avec la distance à partir de l'embouchure : il déduit de ces comparaisons que l'indice augmente à mesure que la ponte approche. Il ne nous semble cependant pas que ces déductions soient valables à partir des moyennes des spécimens observés. En effet, ce rapport gonosomatique augmente avec la taille des esturgeons comme nous le verrons et comme l'avait déjà signalé Classen.

Nous avons calculé ce rapport gonosomatique sur 40 *Acipenser sturio* femelles de la Gironde (Tableau 74). Il y a dans ce tableau quelques immatures dont le rapport est égal à 0,005 à 0,0018. La moyenne pour l'ensemble des femelles matures est 0,150 avec des fluctuations extrêmes de 0,067 à 0,300. Malgré ces fluctuations, il semble bien que le rapport gonosomatique augmente avec la taille, tout en tendant cependant vers une symptote horizontale.

Nous n'avons pas déterminé personnellement le rapport gonosomatique chez *Acipenser oxyrhynchus* et nous n'avons rien trouvé à ce sujet dans la littérature sinon une indication du poids des ovaires (41,5 kg) d'une femelle de 158,9 kg (Vladykov, 1955 *b*) : le rapport des deux donne 0,261. D'après une communication personnelle de Gérard Beaulieu une femelle de 89,7 kg possédait un ovaire de 11,3 kg ce qui nous donne un rapport gonosomatique de 0,126. Ces rapports sont bien différents, preuve d'une grande variabilité chez cette espèce comme chez *Acipenser sturio.*

TABLEAU 74

Le poids de l'esturgeon P et le poids de l'ovaire O sont exprimés en kilogrammes
LT : longueur totale du poisson en centimètres

Numéro	LT	P	O	O/P
417	84,5	2,71	0,014	0,005
21	90	3,60	0,035	0,009
137	111	7	0,030	0,004
20	127	12	0,150	0,012
134	175	34	4,150	0,122
459	181	41	7	0,170
497	185	40	6,500	0,162
23	185	34	0,620	0,018
101	185	42	5,450	0,129
103	188	39	4,970	0,124
125	188	39	4,700	0,120
499	189	37,60	5,500	0,146
4	190	35	3,500	0,100
12	190	37	2,500	0,067
14	194	40	5,200	0,130
104	194	43	5,480	0,127
7	195	42	7	0,166
11	195	42	5,500	0,130
131	196	31	6	0,190
510	197,5	43	8,200	0,190
485	198	40	5,100	0,122
487	199	45	8,200	0,182
130	202	42	11	0,260
482	202	45	7	0,155
483	202	40	3,300	0,095
120	203	44	4,730	0,108
10	203	56	9,500	0,169
107	205	40	3,600	0,090
489	205	47	5	0,106
484	210	52	5,700	0,109
8	212	51	6,500	0,125
9	212	48	11,500	0,239
490	214	57	11	0,192
110	215	58	3,550	0,061
5	216	55	10	0,180
19	220	60	10	0,160
509	220	55	10	0,181
121	222	65	10,100	0,155
488	226	60	18	0,300
939	230	74	15,500	0,209

Rapport gonosomatique chez *Acipenser sturio* de la Gironde

Pour *Acipenser fulvescens*, nous sommes aussi réduits à utiliser les données de la littérature. Une étude de ce rapport gonosomatique a été faite par Barney (1924) sur les esturgeons du lac Pokegama (Minnesota). Les jeunes immatures ont des rapports allant de 0,007 à 0,080 et ces rapports augmentent avec la taille. Les trois femelles matures examinées par cet auteur avaient des rapports gonosomatiques de 0,170, 0,185 et 0,021.

Étant donné la rareté des observations pour ces deux dernières espèces, il nous est difficile de comparer les rapports gonosomatiques des *Acipenser sturio, Acipenser oxyrhynchus, Acipenser fulvescens* et des autres espèces d'Acipensérides. On peut cependant dire qu'elles sont du même ordre de grandeur. Voici en effet quelques rapports déterminés chez les femelles matures de diverses espèces :

A. guldenstaedti, 0,200 (Antipa, 1934);

A. baeri, 0,160 (0,127 à 0,242) (Menchikov, 1936);

A. ruthenus, 0,101 à 0,153 (Jankovic, 1958);

A. stellatus, 0,040 à 0,191 (Derjavin, 1922).

Nombre d'œufs. Deux méthodes peuvent être utilisées : la méthode directe qui consiste à compter tous les œufs un à un est évidemment la plus sûre mais aussi la plus fastidieuse. La plupart des déterminations sont faites par des méthodes indirectes : on pèse par exemple l'ovaire tout entier, puis une portion d'ovaire; on calcule le nombre d'œufs que contient cette portion; une règle de trois donne le nombre d'œufs contenus dans l'ovaire tout entier.

Pour l'*Acipenser sturio*, il semble que ce soit la première méthode qui a été utilisée par Cloquet (cité par Moreau, 1881) : un esturgeon de 80 kg dont l'ovaire pesait 9,125 kg possédait 1.467.856 œufs. Par méthode indirecte, Classen, pense qu'un ovaire de 9,500 kg contient 750.000 œufs. Ce résultat nous semble sous-estimé. Voici quelques autres chiffres donnés par divers auteurs pour cette espèce : 800.000 à 2.400.000 (Nikolski, 1957); 400.000 à 2.400.000 (Mohr 1958), 200 000 à 5 700 000 (Tchalikov, 1948); 500 000 à 2 500 000 d'après Borodin (1925). *Acipenser oxyrhynchus* possède un très grand nombre d'œufs : 800 000 à 2 400 000 (Ryder 1890). Sur l'esturgeon de 268 cm pesant 160 kg et dont le poids de l'ovaire était 41,500 kg, Vladykov (1955) a calculé 3 755 745 œufs.

Pour l'*Acipenser fulvescens* nous avons les chiffres de 485 000 œufs donnés par Cuerrier (d'après Roussow, 1955) et de 650 275 œufs pour une femelle de 18 kg dont les ovaires pesaient 3,900 kg chacun d'après Vladykov (1955). Ce dernier auteur estime qu'un poisson de 90 kg pourrait avoir 3 000 000 d'œufs.

Aspect des œufs mûrs. Au cours des derniers stades de la maturation les ovocytes restés blanchâtres jusque là se pigmentent. Ils prennent des teintes variant du gris au brun foncé presque noir. Les œufs d'*Acipenser sturio* et d'*Acipenser oxyrhynchus* semblent plus foncés en général que ceux d'*Acipenser fulvescens*. Sur les œufs d'*Acipenser oxyrhynchus* prêts à être pondus, Borodin (1925)

signale l'apparition de zones claires et pigmentées à un pôle. Cet aspect correspond à la structure nettement polarisée de l'œuf d'esturgeon que nous décrirons dans la partie histologique.

La taille des œufs arrivés à maturité est de 2,6 à 2,8 mm chez *Acipenser sturio* (Mohr, 1958) ou même jusqu'à 3 mm (Tchalikov, 1949) de 2,6 mm chez *Acipenser oxyrhynchus* (Ruder, 1890; Borodin, 1925); 2,72 mm chez *Acipenser fulvescens* (Barney, 1924).

Nous n'avons fait des mesures que sur des échantillons fixés au Bouin et inclus dans la paraffine : les résultats seront donnés plus loin dans l'étude histologique des gonades.

Ce sont des œufs proches de la maturité qui constituent le « caviar »: de ce point de vue on peut distinguer diverses catégories d'œufs d'après Ryder (1890) et Borodin (1925).

1° Œufs durs, non encore complètement mûrs, plus gris;

2° Œufs mûrs, plus pigmentés avec apparition de zones claires;

3° Œufs passés. Ce sont des œufs en voie de résorption qui se trouvent chez les esturgeons n'ayant pu regagner leur frayère (auteurs russes d'après Detlaf et Ginzbourg, 1954) ou chez lesquels s'est produit une pénétration d'eau dans la cavité générale (Ryder, 1890).

Il faut aussi noter qu'entre ces gros œufs très pigmentés on aperçoit de petits ovocytes blancs qui seront les œufs de la future ponte (fig. 53, 3).

III. DÉVELOPPEMENT HISTOLOGIQUE DES GONADES

Il n'est évidemment pas possible dans ce chapitre d'aborder tous les problèmes posés par l'évolution histologique des glandes génitales chez les trois esturgeons : *Acipenser sturio, Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens*. Nous nous contenterons de décrire les grandes étapes du développement des testicules et des ovaires sans entrer dans les détails cytologiques de l'ovogénèse et de la spermatogénèse.

Les travaux sur ce sujet sont très réduits pour les trois espèces que nous avons étudiées. Champy et Gley (1923) ont décrit l'évolution des jeunes ovocytes chez *Acipenser sturio*. Ryder (1890) donne quelques brèves indications sur le développement des glandes génitales de l'*Acipenser oxyrhynchus*. Nous ne connaissons enfin aucune étude qui ait été faite sur *Acipenser fulvescens*.

Le développement des glandes génitales des Acipensérides de Russie ont fait l'objet de nombreux travaux. Malgré cela, Detlaf et Ginzbourg (1954) affirment que les connaissances actuelles sur ce sujet sont encore très fragmentaires. Les recherches ont surtout porté sur l'esturgeon d'eau douce *Acipenser ruthenus* (Zalenski, 1881; Bachmakov 1917; Olchwang, 1936; Moltchanova, 1941; Loukine, 1941, 1947); il faut ajouter l'étude plus récente et plus détaillée faite sur le sterlet du Danube par Jankovic (1958). Les esturgeons migrateurs les plus étudiés sont l'*Acipenser guldenstaedti* et *stellatus* mais on ne sait encore rien de l'état de leurs glandes génitales durant leur vie en mer.

Matériel et méthodes

C'est évidemment pour l'*Acipenser sturio* que nous possédons le matériel le plus abondant et le plus diversifié : 220 spécimens comprenant des mâles et des femelles, des matures et des immatures, d'eau douce et d'eau saumâtre. Nous avons examiné les gonades de 127 *Acipenser oxyrhynchus* mais deux seulement parmi ceux-ci étaient arrivés à maturité : un mâle et une femelle (1). Le nombre d'*Acipenser fulvescens* examinés est relativement faible : 43 spécimens; ce dernier matériel est d'autre part très hétérogène au point de vue provenance et sera de ce fait difficile à interpréter.

Le prélèvement des gonades a été fait sur les lieux de pêche ou en aquarium aussitôt après avoir tué le poisson. Le plus souvent, il fut prélevé trois échantillon par glande génitale : un dans la région antérieure, un dans la région moyenne, un dans la région postérieure. La plupart des pièces ont été fixées au Bouin aqueux ou au Bouin alcoolique de Duboscq et Brasil, 1905. D'autres fixateurs ont été employés (mélange de Carnoy, 1887; mélange de Bouin Hollande 1918) mais ne présentent pas d'intérêt particulier pour cette étude.

De nombreuses coupes ont été colorées suivant la méthode classique à l'hémalun-éosine. Cette méthode facile et rapide donne de bonnes indications générales. Pour obtenir des colorations plus sélectives des divers tissus nous avons employé surtout la triple coloration de Prenant : hématoxyline ferrique de Heidenhain, éosine et vert lumière. Une méthode dérivée de celle de Mallory 1900 avec bleu d'aniline et orange G nous a donné aussi de bons résultats (2) ainsi qu'une méthode de coloration à l'hématoxyline ferrique et au picro-ponceau (3).

Différenciation des sexes

Peu de travaux ont été effectués sur ce problème chez les Acipensérides. Detlaf et Ginzbourg (1954) citent seulement l'étude de Bachmakov (1917) sur le sterlet *Acipenser ruthenus*. D'après ce dernier, les glandes sexuelles commencent à se différencier à l'âge de un an par l'apparition chez la femelle d'un sillon longitudinal au fond duquel l'épithélium donne naissance à des ovogonies qui se transformeront en ovocytes dès l'âge de un an et demi. Chez les mâles, les spermatogonies se disposent d'abord en colonnes qui se transformeront peu à peu en tubes séminifères. Jankovic (1958) arrive sensiblement aux mêmes résultats avec le sterlet du Danube : la différenciation est nette chez les esturgeons de deux ans. Kuz'min (1954) a étudié le développement des glandes génitales de l'*Acipenser guldenstaedti* Chez cet esturgeon migrateur de la mer Caspienne, l'ovaire se distingue morphologiquement du testicule dès l'âge

(1) Ces deux échantillons nous ont été fournis par M. Gérard Beaulieu.

(2) Mise au point par M. le professeur Stohl, Faculté de médecine de Bordeaux.

(3) Communiquée par M. Valour, Faculté libre de médecine de Lille.

de 2 ans par un sillon longitudinal dont nous avons déjà parlé mais histologiquement les deux gonades se ressemblent beaucoup encore. Ce ne sera qu'à l'âge de trois ans que les ovaires seront bien différenciés avec l'apparition des ovocytes. Ce ne sera qu'à 6 ans que les testicules présenteront leur structure caractéristique.

L'examen des coupes histologiques de gonades de très jeunes *Acipenser sturio, oxyrhynchus* et *fulvescens* nous a conduit à des résultats identiques. Dans les premières années, on n'observe aucune différence entre les cellules sexuelles mâles et femelles. Ces protogonies et deutogonies sont alors irrégulièrement dispersées dans un réseau conjonctif, le tout formant un très mince ruban à la surface de la masse graisseuse de la gonade. Les Acipenséridés passent donc au début de leur vie par une phase d'indifférenciation sexuelle ou d'intersexualité transitoire semblable à celle qui a été observée chez l'anguille (Rodolico, 1933; D'Ancona, 1936, 1943) et chez d'autres Téléostéens primitifs : salmonidés et cyprinodontes (D'Ancona, 1936, 1943, 1948; D'Ancona, et Vannini, 1945, 1949).

Les gamètes femelles se différencieront les premiers car chez eux l'auxocytose commence très tôt : vers la quatrième année chez *Acipenser sturio* et la sixième année chez *Acipenser oxyrhynchus*. Chez *Acipenser fulvescens*, il est certain que dès la sixième année les ovaires présentent des ovocytes en voie d'accroissement, mais il se peut qu'ils apparaissent avant : le nombre des spécimens plus jeunes est trop réduit pour préciser cette question.

Les gamètes mâles se différencieront beaucoup plus tard. Les testicules se reconnaitront cependant assez vite non seulement par l'absence de gouttière mais aussi au point de vue histologique : alors que les ovocytes sont cantonnés sur le bord des lamelles ovigères, les spermatogonies forment une masse plus compacte cylindrique.

Développement des gonades jusqu'à la maturité

Le développement progressif des ovaires et des testicules est très semblable chez les trois espèces que nous avons étudiées. Seule varie la durée des transformations.

Ovaires.

La transformation prématurée des ovogonies en ovocytes est assez étonnante puisque les *Acipenser sturio* femelles n'arriveront à maturité qu'à l'âge de 20 ans, les *Acipenser oxyrhynchus* à 27 ans et les *Acipenser fulvescens* à 22 ans. Durant cette longue période ces ovocytes augmentent d'abord en nombre. Disposés initialement sur les bords des lamelles ovigères ils s'enfoncent ensuite peu à peu dans la masse graisseuse adjacente (fig. 53, 1 et 2).

Les ovocytes augmentent aussi régulièrement en taille. Le tableau 75 donne la taille des ovocytes aux différents âges chez les trois esturgeons et montre bien la croissance tout au long de la vie jusqu'à la maturité. On remarque aussi

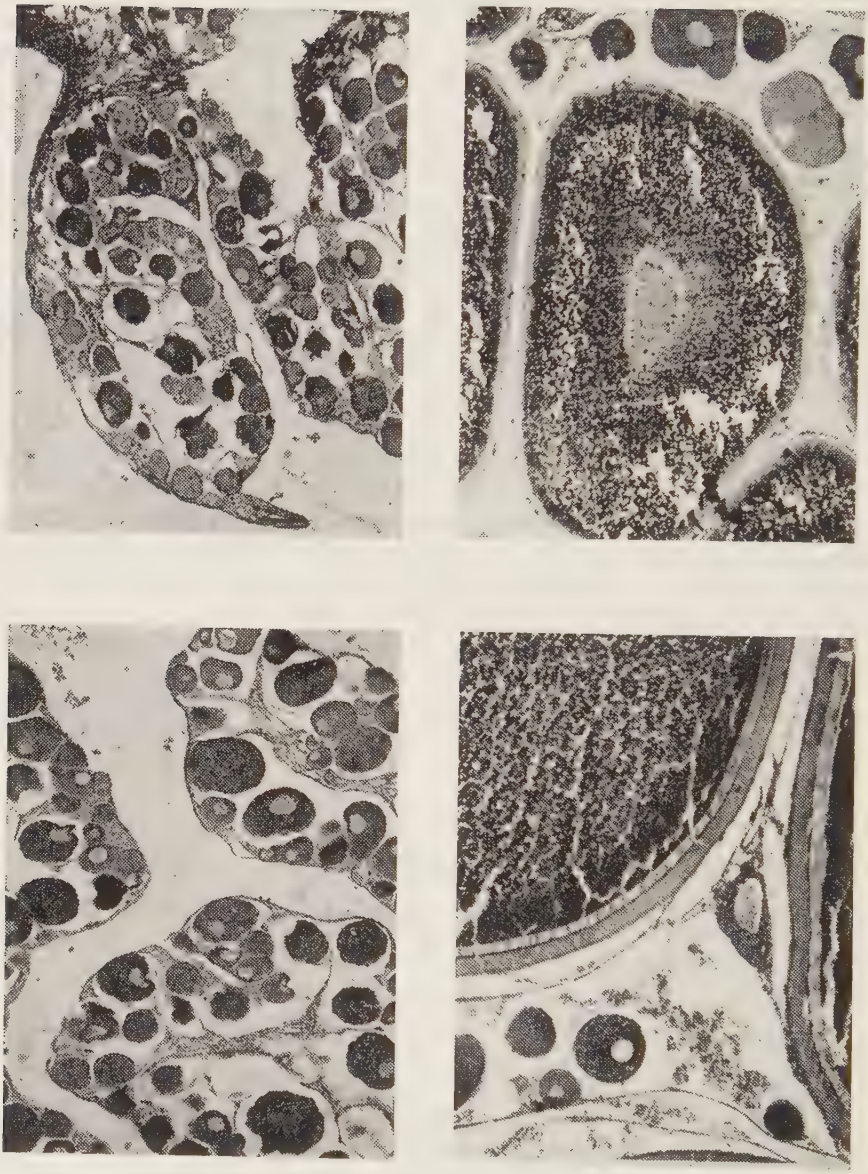


FIG. 53. — Photographies illustrant le développement des ovaires chez *Acipenser sturio*. Toutes ont été prises au même grossissement (objectif 6,3 x, oculaire photographique 10 x). — 1. Ovaire au stade II d'un esturgeon de 4 ans (en haut, à gauche). — 2. Ovaire au stade III d'un esturgeon de 9 ans (en bas, à gauche). — 3. Ovaire au stade IV d'un esturgeon de 20 ans (en haut, à droite). — 4. Ovaire au stade V d'un esturgeon de 32 ans (en bas, à droite).

TABLEAU 75

Age	*A. sturio*			*A. oxyrhynchus*			*A. fulvescens*		
	N	Moyenne	Extrêmes	N	Moyenne	Extrêmes	N	Moyenne	Extrêmes
IV.....	8	115	46–141						
V.....	17	140	107–214						
VI.....	5	162	150–291	1	103		3	128	73–183
VII.....	8	183	150–225	2	140	116–164			
VIII.....	8	220	182–310						
IX.....	6	270	182–480	7	141	32–183			
X.....	5	231	214–267	5	175	160–181	1	145	
XI.....	8	247	160–310	14	146	115–232	1	320	
XII.....	2	240	214–266	4	198	168–232	4	207	175–228
XIII.....	1	300		3	163	153–172			
XIV.....	2	291	214–582	3	168	127–189			
XV.....	1	396		1	232				
XVI.....							1	298	
XVII.....	1	500							
XVIII....	1	690		3	196	171–239	1	263	
XIX.....				1	220				
XX.....	1	1 250					1	429	

Taille des ovocytes aux différents âges chez les trois esturgeons immatures : *Acipenser sturio* de la Gironde *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent

dans ce tableau que l'augmentation de taille des ovocytes est beaucoup moins rapide chez *Acipenser oxyrhynchus* que chez *Acipenser sturio*. Cette constatation confirme la maturité tardive de ce poisson que nous avions déduite plus haut à partir d'un très petit nombre de spécimens. Le nombre de spécimens d'*Acipenser fulvescens* du fleuve Saint-Laurent donné dans ce tableau est trop petit pour permettre la comparaison avec les deux autres.

Il semblerait d'après ce que nous venons de dire que, dès l'âge de 4 à 6 ans les ovocytes s'engagent dans une longue période de croissance qui aboutira aux ovules mûrs. En fait, ces ovocytes subissent certainement des variations saisonnières : ils doivent subir en particulier des résorptions périodiques semblables à celles qui ont été signalées chez d'autres poissons (Champy et Gley. 1923; Yamamoto, 1956). Ceci expliquerait les grandes différences observées dans la taille des ovocytes.

De nouvelles générations d'ovocytes apparaissent d'autre part chaque année. En effet, à côté des gros ovocytes que nous avons seuls mesurés dans le tableau 75, les ovaires possèdent des ovocytes beaucoup plus petits. On aperçoit ces différentes générations sur les photographies de la figure 53.

Au point de vue transformations internes de ces ovocytes, nous ne parlerons que de l'apparition du vitellus et de la pigmentation. Le vitellus n'apparaît que plus tard, peu avant la ponte, lorsque l'ovocyte a atteint à peu près la moitié de la taille de l'ovule mûr (fig. 53,3). Ce vitellus est d'abord réparti dans tout le cytoplasme mais il se concentrera ensuite au pôle végétatif. La couche de pigments apparaîtra plus tard encore à la surface du cytoplasme.

Testicule.

Les spermatogonies, initialement dispersées dans le tissu conjonctif se disposent peu à peu en colonnes orientées suivant l'axe longitudinal des testicules (fig. 54, 1). Par multiplication des spermatogonies ces colonnes se transformeront ensuite en ampoules testiculaires (fig. 54,2).

Ce ne sera qu'à l'approche de la maturité que les spermagotonies se transformeront brusquement en spermatocytes, en spermatides et en premiers spermatozoïdes (fig. 54, 3). Chez l'*Acipenser sturio* on trouve ces premiers signes de maturation vers la quatorzième année. Chez les *Acipenser oxyrhynchus* de 17 ans que nous avons examinés, aucun signe de transformation n'apparaît ce qui confirme la maturité tardive des mâles de cette espèce. Pour *Acipenser fulvescens* notre échantillonnage est là encore trop réduit pour préciser les conclusions que nous avions données dans la première partie de ce chapitre.

Description histologique des gonades à maturité

Ovaire (fig. 53,4).

Les œufs mûrs des trois espèces étudiées ont non seulement la même taille (2,4 à 2,8 mm) mais présentent encore le même aspect général. Cette structure semble d'ailleurs commune à tous les Acipensérides d'après les descriptions des différents auteurs cités plus haut et même à tous les Acipensériformes d'après la description des œufs des Polyodontidés donnée par Larimore (1920).

Ces œufs sont tout d'abord caractérisés par une polarité très prononcée. La partie animale plus riche en cytoplasme et ne contenant que des grains fins de vitellus occupe environ le tiers de l'œuf. La partie végétative en occupe les deux tiers : elle est pauvre en cytoplasme et riche en gros grains de vitellus. Sur tout le pourtour du cytoplasme, une fine couche de pigments est bien visible.

L'œuf est entouré par trois enveloppes. Les deux premières sont la *zona radiata* applée encore zone pellucide par Champy et Gley (1923), zone vitelline par Balfour (1883) et les divers auteurs russes. Elles se colorent en rose par la méthode de Prenant, en jaune or par la méthode de Mallory et la méthode au picro-ponceau. Ces deux enveloppes striées sont surmontées par une couche homogène sans structure : la membrane gélatineuse (auteurs russes) ou colloïdale (Ryder, 1890). Cette membrane se colore en vert par la méthode de Prenant et en bleu par la méthode de Mallory.

Il faut noter enfin, qu'entre ces gros ovules mûrs, on aperçoit de petits ovocytes pouvant atteindre 375 microns : ils représentent la future génération d'œufs.

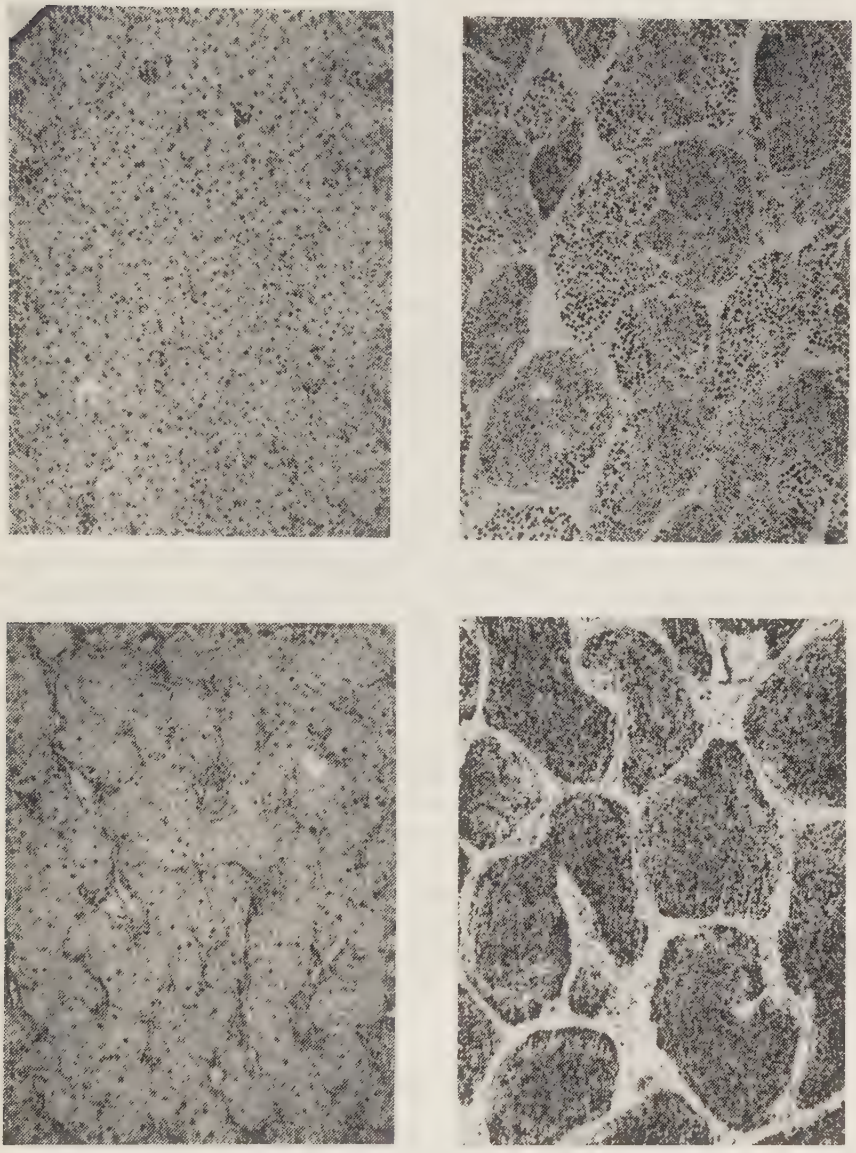


FIG. 54. — Photographies illustrant le développement des testicules chez *Acipenser sturio* : toutes ont été prises au même grossissement (9bjectif 16 x, oculaire photographique 10 x). — 1. Testicule au stade II d'un esturgeon de 6 ans (en haut, à gauche). — 2. Testicule au stade III d'un esturgeon de 10 ans (en bas, à gauche). — 3. Testicule au stade IV d'un esturgeon de 14 ans (en haut, à droite). — 4. Testicule au stade V d'un esturgeon de 23 ans (en bas, à droite).

Testicule (fig. 54, 4).

Au début de la période de maturation, une coupe histologique de testicule montre dans une ampoule tous les produits sexuels au même degré de maturité, mais dans les ampoules avoisinantes les gamètes sont à des étapes variées de maturation. Au moment de la fraye par contre, toutes les cellules sont transformées en spermatozoïdes et les ampoules testiculaires sont distendues sous la pression de ces derniers.

Nous n'avons pas étudié la structure des spermatozoïdes. Signalons simplement qu'ils ont été étudiés chez *Acipenser sturio* par Ballowitz en 1890.

Aspect histologique des gonades entre deux frayes

Notre matériel est bien réduit pour élucider le problème de la reconstitution des ovaires et des testicules après la première fraye ainsi que l'aspect des glandes génitales entre deux frayes successives. Les quelques observations que nous avons faites permettent cependant de donner une première idée de cette reconstitution cyclique chez les esturgeons.

Nous n'avons que deux femelles d'*Acipenser fulvescens* dont nous soyons à peu près certain qu'elles se trouvaient entre deux frayes successives : une femelle de 30 ans et une de 35 ans. Les ovaires présentent à ce stade l'aspect feuilleté des immatures. Les ovocytes sont disposées sur les bords externes de ces lamelles transversales en une couche unique les plus gros mesurent 437 microns dans l'un et 750 microns dans l'autre. Le premier est certainement un esturgeon qui a frayé en mai-juin de cette année car ses ovocytes sont sensiblement de même taille que ceux que nous avons observés entre les ovules mûrs. Le deuxième, comme ce dernier d'ailleurs, a été pêché au début du mois d'août. Les ovocytes sont plus développés mais nous ne pensons pas que soit un esturgeon qui ait frayé l'année précédente; il nous semble que ces différences de taille des ovocytes peuvent s'expliquer par le grand étalement de la période de fraye chez ce poisson. Seul un matériel plus important nous permettrait d'élucider le cycle des esturgeons par les méthodes histologiques.

Pour les mâles un seul spécimen de 20 ans se trouve dans la période de reformation des testicules, consécutive à une fraye. Il a été capturé en juin. Une coupe des testicules montre des ampoules régulières, bordées uniquement par des spermatogonies en divisions.

RÉSUMÉ ET CONCLUSION

Il nous a semblé utile de résumer toute cette étude morphologique et histologique des glandes génitales par une rapide description des divers stades de maturité des esturgeons. L'établissement de ces étapes de maturation a été beaucoup discuté par divers auteurs russes : Nedochivine (1928), Loukine (1941), Olchwang (1936), Moltchanova (1941) Detlaf et Ginzbourg, (1954), et aussi par Jankovic (1958). Nous nous éloignerons le moins possible des schémas proposés par ces derniers auteurs de façon à faciliter la comparaison de nos trois esturgeons avec l'ensemble des Acipensérídés.

Les différents stades que nous allons décrire sont valables non seulement pour la lente maturation des gonades chez les immatures mais aussi pour les maturations cycliques chez les adultes. Dans ce dernier cas cependant, l'esturgeon ne repasse pas par les deux premières étapes, le cycle recommence au stade III. Les figures 53 et 54 illustrent ces principaux stades.

Stade I d'indifférenciation : les sexes ne peuvent se distinguer à l'œil nu. Les cellules sexuelles sont des protogonies ou des deutogonies indifférenciées.

Stade II de différenciation. Une gouttière longitudinale apparaît sur les ovaires de couleur blanchâtre. Les ovocytes augmentent de taille avec l'âge mais sont invisibles à l'œil nu; ils sont disposés sur les bords des lamelles transversales situées dans la gouttière.

Les testicules ont une forme cylindrique mais restent très fins. Les spermatogonies commencent à se disposer en colonnes.

Stade III de multiplication. — Les ovaires blancs-jaunâtres commencent à présenter de petits points blancs qui sont des ovocytes en voie d'accroissement. Dans les testicules blancs-laiteux apparaissent les ampoules testiculaires.

Stade IV de maturation. — Les ovaires sont de couleur jaunâtre. Les ovocytes ont environ 1 mm de diamètre et de petits grains de vitellus apparaissent dans le cytoplasme.

Dans les testicules blancs-laiteux on aperçoit les premiers spermatocytes et même quelques spermatides et spermatozoïdes.

Stade V de maturité. — Les œufs sont très pigmentés et les ovaires présentent alors une teinte grisâtre. Le cytoplasme contient de très gros grains de vitellus concentrés surtout au pôle végétatif.

Dans les testicules des ampoules sont distendues sous la pression des spermatozoïdes.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL

Nos recherches ont porté sur trois esturgeons : l'*Acipenser sturio* de la Gironde et du Guadalquivir en Europe, l'*Acipenser oxyrhynchus* du fleuve Saint-Laurent, et l'*Acipenser fulvescens* du fleuve Saint-Laurent, de la rivière Ottawa et du lac Nipissing au Canada.

PREMIÈRE PARTIE

PRÉLIMINAIRES

Les Acipenséridés sont réunis avec les Polyodontidés dans l'ordre des Acipensériformes, seuls représentants actuels du super-ordre des Chondrostéens qui forment avec les Holostéens et les Téléostéens la sous-classe des Actinoptérygiens.

Cette famille, qui se présente à la fois comme primitive et évoluée, est formée de quatre genres : *Acipenser* (17 à 18 espèces), *Huso* (2 espèces), *Scaphyrhynchus* (2 espèces), et *Pseudoscaphirhynchus* (3 espèces).

Les Acipenséridés se trouvent uniquement dans l'hémisphère Nord. Leur répartition très diluée est le signe d'un groupe en voie de disparition. La plupart des espèces sont migratrices anadromes mais quelques unes cependant vivent uniquement en eau douce.

L'*Acipenser sturio* autrefois répandu dans toute l'Europe n'est plus pêché commercialement que dans le Guadalquivir en Espagne et la Gironde en France, cette dernière réserve étant de loin la plus importante. L'*Acipenser oxyrhynchus* remontait toutes les rivières d'Amérique du Nord tributaires de l'Océan Atlantique : il est encore très abondant dans le fleuve Saint-Laurent. L'*Acipenser fulvescens* est une espèce d'eau douce répandue dans toute la partie orientale de l'Amérique du Nord.

Les diverses régions prospectées sont : en Europe, la Gironde et le Guadalquivir; au Canada, le fleuve Saint-Laurent, la rivière Ottawa et le lac Nipissing. Nous avons décrit les caractéristiques hydrographiques et physico-chimiques de ces milieux et les modes de pêche utilisés.

DEUXIÈME PARTIE

SYSTÉMATIQUE

L'espèce d'eau douce *Acipenser fulvescens* est une espèce bien définie. Par contre, la position systématique de l'esturgeon migrateur américain par rapport à l'*Acipenser sturio* européen n'est pas encore établie de façon précise.

Nous avons tout d'abord étudié les différences morphologiques et anatomiques de ces deux poissons. L'esturgeon américain présente quelques caractéristiques très nettes :

1. Présence chez les jeunes d'une fenêtre entre les plaques pariétales et frontales du crâne (absente chez *Acipenser sturio*).

2. Nombre moindre d'écussons dorsaux (10 au lieu de 12-13), latéraux (29 au lieu de 35) et ventraux (10 au lieu de 12).

3. Les sculptures extérieures de ces écussons sont de forme alvéolaire (tubercules arrondis chez *Acipenser sturio*).

4. Les petites plaques ou scutelles dermiques situées dans la peau portent sur leur face externe les mêmes dessins que les écussons.

5. Écussons et scutelles sont proportionnellement plus grands.

6. Le nombre de branchiospines est légèrement supérieur (21-22 au lieu de 20).

7. Les viscères sont pâles (grises chez *Acipenser sturio*).

8. La rate est plus développée.

Nous avons étudié ensuite divers caractères morphométriques : relation entre la longueur totale (LT) et la longueur à la fourche (LF), relation entre la longueur totale et le poids (P) et enfin les proportions entre les différentes parties du corps.

Les relations LT-LF et LT-P sont différentes chez les deux esturgeons. Ces dernières cependant sont difficiles à utiliser au point de vue taxonomique parce que sous la dépendance de nombreux facteurs; elles présentent un plus grand intérêt pour préciser divers problèmes de biologie. Nous avons présenté enfin une étude morphométrique détaillée d'*Acipenser sturio* en vue d'une comparaison ultérieure plus complète avec les esturgeons américains, les données actuelles de la littérature étant encore très réduites.

En conclusion de cette étude, il nous semble que les deux esturgeons migrateurs des côtes américaines et européennes de l'Atlantique peuvent être considérés comme deux espèces différentes : *Acipenser oxyrhynchus* Mitchill, et *Acipenser sturio* L.

TROISIÈME PARTIE

BIOLOGIE

Chapitre I. — Croissance

Après avoir passé en revue les différentes méthodes utilisées chez les poissons et en particulier chez les Acipensérides pour la détermination de l'âge nous avons décrit en détail la technique des coupes minces dans le premier rayon de la

nageoire pectorale employée pour cette étude. Pour préciser la croissance en longueur nous avons établi pour chaque espèce les relations mathématiques existant entre la longueur (L) et l'âge *t* (équation de Von Bertalanffy). Les relations entre la longueur des poissons et le poids établies dans la première partie, nous ont aidé à préciser la croissance en poids. Les données du marquage effectué sur les esturgeons du Saint-Laurent ont permis enfin de vérifier la validité de nos résultats.

Les trois esturgeons présentent des caractères communs : croissance durant toute leur vie bien que le taux de croissance aille en diminuant; longévité très grande : nous avons observé un *Acipenser sturio* de 42 ans (255 cm), un *Acipenser oxyrhynchus* de 60 ans (267 cm) et un *Acipenser fulvescens* de 55 ans (181 cm); croissance identique des mâles et des femelles.

Il y a des différences nettes entre l'espèce d'eau douce et les espèces migratrices : chez les premiers, la croissance est plus lente, plus régulière durant toute la vie et présente des cycles annuels beaucoup plus accentués. Il est plus difficile d'établir des différences entre *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser sturio*.

La comparaison avec d'autres Acipensérídés a permis de confirmer et d'élargir les conclusions précédentes.

Chapitre II. — **Migrations**

Nous avons surtout étudié les déplacements de l'*Acipenser sturio* de la Gironde pour lequel nous avions le matériel le plus important et le plus diversifié. Nous avons précisé les lieux de fraye (eau douce), l'époque de la remontée reproductrice (avril à juin), le sex-ratio et les facteurs de cette migration. Nous avons ensuite étudié la descente des jeunes alevins vers les eaux saumâtres (1 an) et leur pénétration en mer (vers 4-5 ans). Nous avons enfin établi que ces jeunes immatures effectuent des déplacements annuels de la mer jusque dans l'estuaire de la Gironde : cette migration est bien différente de la migration reproductrice (ampleur moins grande, date différente).

Nos recherches sur l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent ont permis de vérifier la descente progressive des jeunes vers les eaux saumâtres. L'étude de la migration reproductrice a été faite sur des données bibliographiques.

Nous avons étudié enfin les migrations reproductrices et les déplacements des jeunes *Acipenser fulvescens*. Cette espèce est très sédentaire. Les mouvements qu'elle effectue sont cependant suffisants pour expliquer l'identité de population dans tout le bassin hydrographique du Saint-Laurent et de la rivière Ottawa.

Chapitre III. — **Nourriture**

La nourriture des Acipenseridés est faite essentiellement d'Invertébrés benthiques. Le régime varie avec la nature du benthos : Crustacés, Mollusques, larves d'Insectes en eau douce; Crustacés, Mollusques et Polychètes en eau de mer.

Chapitre IV

Quelques aspects de l'équilibre hydrominéral

Nous avons d'abord donné un résumé général du problème de l'osmorégulation chez les poissons, une description des méthodes d'étude utilisées dans nos recherches et un examen critique de ces méthodes.

Deux lots relativement importants et homogènes d'*Acipenser oxyrhynchus* immatures nous ont permis d'établir les variations de la composition ionique du plasma avec la salinité du milieu externe : quand le jeune esturgeon passe de l'eau douce à l'eau saumâtre, la teneur du plasma, en Cl, Na et Mg augmente, alors que la teneur en Ca et PO_4 diminue et que la teneur en K reste invariable.

Chez *Acipenser sturio*, le matériel utilisé est plus hétérogène. Nous avons cependant pu établir qu'au cours de la migration reproductrice de la mer vers les eaux douces une baisse de la chlorémie et de la natrémie entraînait une diminution du degré cryoscopique du plasma. Les expérimentations montrent que la capacité d'adaptation à l'eau saumâtre est progressive chez les très jeunes esturgeons; après 5 ans ils sont capables de supporter l'eau de mer et sont alors très euryhalins. La régulation ionique semble identique à celle des *Acipenser oxyrhynchus*.

L'étude de la composition minérale de l'urine montre qu'au point de vue excrétion rénale, les *Acipenser sturio* se comportent dans leurs divers milieux de vie (eau douce, eau de mer) comme les Téléostéens glomérulaires vivant dans ces milieux.

Le rôle des tissus dans la régulation osmotique n'a pu être précisé d'après nos résultats d'analyses de muscles.

Les plasmas des *Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent et de la rivière Ottawa ont la même structure ionique : celle-ci semble différente chez les esturgeons du lac Nipissing. La teneur en ions du plasma est différente chez les *Acipenser fulvescens* et chez les *Acipenser oxyrhynchus* vivant dans le même milieu d'eau douce.

Au point de vue composition ionique du plasma et régulation osmotique, les Acipensérídés se rapprochent des Téléostéens et principalement des Salmonidés.

Chapitre V. — Reproduction

Nous avons d'abord étudié les diverses phases de la vie sexuelle des esturgeons et l'aspect morphologique des gonades au cours de ces différents phases. L'âge de maturité des esturgeons a été établi à 14-15 ans chez les mâles et 18-20 ans chez les femelles d'*Acipenser sturio* de la Gironde, à 22-24 ans chez les mâles et 27-28 ans chez les femelles d'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent

et à 17-18 ans chez les mâles et 21-22 ans chez les femelles d'*Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent. Les mâles semblent avoir une vie sexuelle plus courte que les femelles. Le nombre d'œufs des esturgeons est considérable d'où rapport gonosomatique élevé : ce dernier, très variable, semble cependant augmenter avec l'âge.

L'étude histologique nous a permis de préciser la première différenciation des cellules sexuelles et la lente transformation des ovaires et des testicules jusqu'à la maturité. Nous avons ensuite décrit la structure des glandes génitales mûres et entre deux frayes successives.

Ces caractères morphologiques et histologiques nous ont permis de définir cinq stades de maturité chez les mâles et chez les femelles.

BIBLIOGRAPHIE

Alm* (G.), 1949. — Influence of heredity and environment on various forms of trout. *Rept. Inst. Freshwater Res.* Drottningholm, *29*, 29-34.

American Fisheries Society, 1948. — A list of common and scientific names ot the better known fishes of the United States and Canada. *Am. Fish. Soc. Spec. Bull.*, 1, 45 pages.

31 st Annual Report of the department of Marine and Fisheries, 1898, Ottawa, 1899.

Anonyme, 1922. — Das Ende der Störfischerei in Holland. *Fischerbote Jahrg., 14*, 210.

Anonyme, 1924. — The book of fishes. Nation. Geogr. Soc. Washington.

Anonyme, 1954. — 152 years-old sturgeon caught in Ontario. *Comm. Fish Rev., 16* (9), 128.

Anonyme, 1960. — Recapture interessante d'esturgeon jaune (*Acipenser fulvescens*). *Actualites marines,* Dep. Pech. Prov. Québec, *3* (2), 27.

Antipa (G.), 1905. — Die Störe und ihre Wanderungen in den europäischen Gewässern mit besonderer Berücksichtigung der Störe der Donau und des Schwarzen Meeres. *Ber. Intern. Fischerei Kongress Wien.*

Antipa (G.), 1909. — Fauna ichthiologica a României. Bucarest, 31 tableaux, 153 dessins.

Antipa (G.), 1934. — Les esturgeons de la mer Noire. Leur biologie et les mesures nécessaires pour leur protection. *Comm. Intern. pour l'expl. scientif. de la Méditerranée. Rapports et procès-verbaux, 8,* 61-75.

Antoniu (A. M.), 1937 *a*. — Observation concernant *Ac ipenser sturio* L de la mer Noire. *Ann. Sc. Univ. Jassy, 23,* 109-116.

Antoniu (A. M.), 1937 *b*. — Note sur les espèces du genre *Acipenser* L. *Ann. Sc. Univ. Jassy, 23,* 104-108.

Antoniu (A. M.), 1946. — Sur l'hybridation chez les esturgeons et description de deux formes nouvelles. *Ac. Roumaine Bull. Sect. Sc., 29,* (5), 308-313.

Atwater (W. O.) et Woods* (C. D.), 1896. — The chemical composition of American food materials. *Bull. US Off. Exp. Stas, 5.*

Audige (J.), 1910. — Contribution à l'étude des reins des poissons *Téléostéens. Arch. Zool. Exp. et Gén.*, 5e série, *4*, 275-624, pl. XVII.

Backus (R. H.), 1951. — New and Rare Records of Fishes from Labrador. *Copeia,* (4), 288-294.

Backus (R. H.), 1957. — The fishes of Labrador. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist., 113* (4), 273-338.

Badinand (A.) et Winiki (B.), 1958. — Dosage direct du calcium et du magnesium dans les milieux biologiques. *Bull. Trav. Soc. Pharm. Lyon, 2* (2), 45-54.

Baggerman (B.), 1957. — An experimental study of the timing of breeding and migration in the three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L). *Arch. Neerl. Zool., 12* (2), 105-318.

Baggerman (B.), 1960 *a*. — Salinity preference, thyroid activity and the seaward migration of four species of Pacific salmon (*Oncorhynchus*). *J. Fish. Res. Bd. Canada, 17* (3), 295-322.

Baggerman (B.), 1960 *b*. — Factors in the diadromous migrations of fish. *Symp. Zool. Soc. Lond., 1,* 33-60.

Bailey (R. M.) et Cross (F. B.), 1954. — River sturgeons of the american genus *Scaphirhynchus :* characters, distribution, and synonymy. *Paper Michigan Acad. Sc. Arts, 39,* 169-208.

Bajkov (A.), 1930. — Fishing industry and fisheries investigations in the Prairie Provinces. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 60, 215-237.

Baldwin (E.), 1948. — An introduction to Comparative Biochemestry. 3 rd Ed. Cambridge Un. Press. London. New-York.

Balfour (F. M.), 1881-1882. — Die « Kopfniere » des ausgewachsenen Teleostier und Ganoiden. *Biologisches Centralblatt,* 459-461.

Balfour (F. M.), 1883. — Traité d'embryologie et d'organogénèse comparées. Traduit et annoté par Robin. Paris, Baillère éd. 2 volumes.

Ballowitz (E.), 1890. — Untersuchungen über die Struktur der Spermatozoen. Teil III, Fische, Amphibien und Reptilien. *Arch. für mikros. Anat., 36,* 225-290.

Barney (R. L.), 1924. — An extended reproductive cycle in *Acipenser rubicundus. Contr. from US Fish. Biol. Labor.* Fairport, Iowa, feuilles polycopiées, 15 pages.

Barnickol (P. G.) et Starrett (W. C.), 1951. — Commercial and sport fisches of the Mississipi River between Canitherville, Missouri and Dubuque, Iowa. *Bull. Ill. Nat. Hist. Survey, 25* (5), 267-350.

Beadle (L. C.), 1957. — Comparative physiology : osmotic and ionic regulation in aquatic animals. *Ann. Rev. Phys., 19,* 329-358.

Bean (T. H.), 1908. — Fish culture in New-York. *Forest, Fish and Game Com.,* 243.

Becker (E. L.), Bird (R.), Kelly (J. W.), Schilling (J.), Solomon (S.) et Young (N.), 1958. — Physiology of marine teleosts, I, Ionic composition of tissue. *Phys. Zool. USA,* 31 (3), 224-227.

Belon du mans (P.), 1551. — L'histoire naturelle des estranges poissons marins avec la vraie peinture. Paris.

Benditt (E.), Morrisson (P.) and Irving (L.), 1951. — The blood of the Atlantic salmon during migration. *Biol. Bull., 80,* 429-440.

Berg (L. S.), 1904. — Zyr Systematik der Acipenseriden. *Zool. Anz., 27,* 665-667.

Berg (L. S.), 1934. — Vernal and hiemal races among anadromous fishes. *Izy. Ak. Nauk SSRR, 5,* 711-732. Traduit du russe par Ricker (W. E.) dans *J. Fish. Res. Bd. Canada, 16* (4), 1959, 515-537.

Berg (L. S.), 1947. — Classification of fishes both recent and fossils. Michigan.

Berg* (L. S.), 1948. — Les poissons des eaux douces de l'U.R.S.S. et des pays limitrophes. Moscou (en russe).

Bertalanffy* (Von L.), 1933. — Modern theories of development. London Humphrey Milford.

Bertalanffy* (Von L.), 1938. — A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws), II. *Hum. Biol., 10* (2), 181-213.

Bidder (G. P.), 1932. — Senescence. *Brit. Med. J.,* (2), 377.

Bigelow (H. B.) et Schroeder (W. C.), 1936. — Supplemental notes on fish of the Gulf of Maine. *Bull. of the Bur. of Fisheries XLVIII,* n° *20,* Washington.

Bigelow (H. B.) et Schroeder (W. C.), 1953. — Fishes of the Gulf of Maine, *Fishery Bull. 74,* Fish and Wildlife Service, vol. 53, 577 pages, Washington, 288 figures.

ack (V. S.), 1951. — Some aspects of the biology of fish, II. Osmotic regulation in Teleostfishes. *Univ. Toronto, Studies Biol. Ser.,* n° *59.* Public Ontario Fisheries Res. Labor., *71,* 53-89

Black (V. S.), 1957. — Excretion and osmoregulation. Dans « Physiology of fishes », vol. I. éd. par M. E. Brown, Academic Press, New-York.

Boinet (A.), 1910. — Un lectionnaire exécuté à l'abbaye de Montmajour au xiie siècle. *Congrès Arch. France,* 76e session, t. 2, p. 381.

Borcea (I.), 1906. — Recherches sur le système urogénital des Élasmobranches. *Arch. Zool. Exp. et Gén.* IVe série, *4,* 199-484, pl. XV, XVI.

Borodin (N. A.), 1925. — Biological observations on the atlantic sturgeons. *Trans. Amer. Fish. Soc., 55,* 184-190.

Boucher-Firly (S.), 1935. — Recherches biochimiques sur les *Téléostéens* apodes (Anguilles, Congres, Murènes). *Ann. de l'Inst. Ocean. 15,* 217-238.

Boucher-Firly (S.) et Fontaine (M.), 1933. — Rapports existant entre quelques stades de développement de l'Anguille et le point de congélation de son sérum lors du passage en eau de mer. *CR. Soc. Biol., 112,* 462-464.

Bourlière (F.), 1946. — Longévité moyenne et longévité maximum chez les Vertébrés. *Ann. Biol.* (3), *22,* 249-270.

Bridge (T. W.) et Boulenger (G. A.), 1958. — The Cambridge natural history. Vol. VIII. Fishes.

Briggs*, 1924. — (Dosage du Phosphore). *J. Biol. Chem., 59,* 255.

Brody* (S.), 1945. — Bioenergetics and growth. Baltimore.

Brown (M. E.), 1957. — Experimental studies on growth. Dans « Physiology of fishes », éd. par Brown, Nex-York, p. 361-400.

Brull (L.) et Nizet (E.), 1953. — Blood and urine constituents of *Lophius piscatorius. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 32,* (2), 321-328.

Bullough (W. S.), 1951. — Vertebrate sexual cycles. London, Methuen et Co., 177 pages.

Burden* (C. E.), 1956. — The failures of hypophysectomized *Fundulus heteroclitus* to survive in fresh water. *Biol. Bull., 110,* 8-28.

Burpee* (L. J.), 1927. — Journals and letters of Pierre Gaultier de Varennes de la Verendrye and his sons. *The Champlain Soc.* Toronto, *23,* 548 pages.

Busnel (R. G.), 1942, 1943. — Recherches de physiologie appliquées à la pisciculture : à propos de la migration de la truite arc-en-ciel. *Bull. Français de Pisc., 127* (1942), 45-65 et *128* (1943), 108-117.

Busnel (G.), Drilhon (A.) et Raffy (A.), 1946. — Recherches sur la physiologie des *Salmonidés. Bull. Inst. Ocean., 893,* 1-24.

Butler (G. E.), 1950. — The lakes and lake fischeries of Manitoba. *Trans. Amer. Fish. Soc., 69* (1949), 18-29.

Callamand (O.), 1943. — L'anguille européenne (*Anguilla anguilla L*). Bases physiologiques de sa migration. *Ann. Inst. Ocean., 21* (6), 365-441.

Callamand (O.) et Fontaine (M.), 1940 *a*. — La chlorémie de l'Anguille femelle au cours de son développement. *CR Ac. Sc. Paris, 211,* 298-300.

Callamand (O.) et Fontaine (M.), 1940 *b*. — Sur le déterminisme biochimique du retour à la mer de l'Anguille d'avalaison. *CR. Ac. Sc. Paris, 211,* 357-359.

Callamand (O.), Fontaine (M.), Olivereau (M.) et Raffy (A.), 1951. — Hypophyse et osmoregulation chez les poissons. *Bull. Inst. Ocean. Monaco, 984,* 1-7.

Carlander (K. D.), 1947 (1949). — Some trends in the commercial fisheries of Lake of the Woods, Minnesota. *Trans. Amer. Fish. Soc. 77,* 13-25.

Carlander (H. B.), 1954. — A history of fish and fishing in the Upper Mississipi River. Up. Miss Riv. Cons. Com., 96 pages.

Carlander (K. D.) et Smith (L. L.), 1945. — Some factors to consider in the choice between standard, fork or total lengths in fishery investigations. *Copeia* (1), 7-12.

Carter (E. N.), 1905. — Notes on sturgeon culture in Vermont. *Trans. Amer. Fish. Soc., 33,* 60-75.

Champy (C.) et Gley (P.), 1923. — Observations cytologiques sur les ovocytes des poissons et quelques autres vertébrés. *Arch. Anat. Microsc., 19,* 241-306, pl. 12.

Charpy (R.), 1951. — Observations sur la pêche de l'esturgeon (*Acipenser sturio* L) dans le Guadalquivir durant l'année 1950. *Bull. Fr. de Pisc., 163,* 49-56.

Chmidtov* (A. I.), 1939. — Le sterlet (*Acipenser ruthenus* L). *Public. Sc. de l'Univ. d'État de Kazan.* Vol 99, 4-5 (en russe).

Chugunov* (N. L.), 1925. — Methode de determination de l'âge des *Acipenseridés. Bull. Economie Pisc.,* Krasnoiaresk, *11* (en russe).

Classen (T. E. A.), 1944. — Estudio bio-estadistico del Esturion o sollo del Guadalquivir (*Acipenser sturio* L). *Ministeria de Marina Inst. esp. de Ocean.* Trabajos nº 19. Madrid, 112 pages, 17 planches.

Clemens (W. A.), Dymond (J. R.), Bigelow (N. K.), Adamstone (F. B.) et Harkness (W. J. K.), 1923. — The food of Lake Nipigon fishes. *Univ. Toronto Stud. Biol. Ser. Pub. Ontario Fish. res. Labor., 16,* 173-188.

Comfort (A.), 1956. — The biology of senescence. London, Routledge et Kegan, 257 pages.

Conway (E. J.), 1957. — Nature and significance of concentration relations of Potassium and Sodium Ions in skeletal muscle. *Phys. Rev., 37* (1), 84-132.

Copeland (D. E.), 1948. — The cytological basis of chloride transfer in the gills of *Fundulus heteroclitus. J. Morph., 82,* 201-218, 4 planches.

Corvest (J.), 1936. — Contribution à l'étude bactériologique des eaux de la Garonne lors de leur passage à Bordeaux. Thèse Doctorat Médecine à Bordeaux.

Cox (P.), 1921. — List of fishes collected in 1917 of the Cape Breton Coast and the Magdalen Islands. *Contr. Can. Biol.,* 1918-1920 (11), 109-114.

Cuerrier (J. P.), 1946. — L'esturgeon du Saint-Laurent supérieur. *Carnets Soc. Zool.* Québec, *6* (2) 18-22.

Cuerrier* (J. P.), 1949. — Observations sur l'esturgeon de lac (*Acipenser fulvescens* Raf.) dans la région du lac Saint-Pierre, au cours de la période de fraye. Thèse, manuscrit, Montréal, cité d'après Roussow, 1955.

Cuerrier (J. P.), 1951. — The use of pectoral fin rays for determining age of sturgeons and other species of fish. *The Canadian Fish Culturist, 11,* 1-9.

Cuerrier (J. P.) et Roussow (G.), 1951. — Age and growth of lake sturgeon from lake St-Francis, St-Lawrence River Report on Material collected in 1947. *Canadian Fish Culturist, 10,* 17-29.

Currian (H. W.) et Ries (D. T.), 1937. — Fisheries investigations in the lower Hudson River. A biological survey of the Lower Hudson watershed. Sup. *26th Annual report, 1936. State NY Cons. Dept,* 124-148.

Dahl* (K.), 1909. — The assessment of age and growth in fish. *Intern. Rev. der gesamten Hydrobiol. und Hydrogr., 2,* (4-5), 758-769.

Dahl* (K.), 1910. — The age and growth of salmon and trout in Norway. Ed. by J. Arthur Hutton and H.T. Sheringham. Published by the salmon and trout Assoc., London.

D'Ancona (U.), 1923. — Dati per la determinazione dell'età e per lo studio dell'accrescimento degli storioni. *Rendic. R. Ac. Lincei,* serie 5, *32,* 132.

D'Ancona (U.), 1924. — Dati per la biologia degli storioni nelle acque italiane. *Monit. Zool, Ital., 35* (6-7), 126-133.

D'Ancona (U), 1926. — Contributo alla biologia degli storioni nelle acque italiane. *Ministerio Economia nazionale,* Roma, 58 pages, 1 planche.

D'Ancona (U.), 1936. — Il differenziamento sessuale delle Anguille. *CR XII Cong. Int. Zool.,* Lisbonne, *1,* 443-450.

D'Ancona (U.), 1943. — Nuove ricerche sulla determinazione sessuale dell'anguilla. *Arch. Ocean. Limn. Mem., 308,* 159-269.

D'Ancona (U.), 1948. — L'interssessualità transitoria delle gonadi di alcuni Teleostei. *Boll. Zool., 15* (1-2-3), 65-69.

D'Ancona (U.) et Vannini (E.), 1945. — Intersessualità transitoria e ovogenesi abbreviata nei vertebrati inferiori. *Atti Reale Inst. Venet. Sc. Let. Art., 104* (2), 325-333.

D'Ancona (U.) et Vannini (E.), 1949. — La determinazione e il differenziamento del sesso dei vertebrati. *La ricerca scientifica, 19* (5), 311-318.

Darlet (M.) et Prioux (G.), 1950. — L'esturgeon et le caviar français. *Bull. Franç. de Pisc., 158,* 1-13.

Davidson (G. A.) et Shostrom (O. E.), 1936. — Physical and chemical changes in the pink salmon during the spawning migration. *U.S. Dept. Comm. Bur. Fish Invest. Rep., 33,* 37 pages.

Day (F.), 1880-1884. — The fishes of Great Britain and Ireland. London, vol. 1, 336 pages, vol. 2, 388 pages, 189 planches.

Dean (B.), 1893. — Note on the spawning conditions of the sturgeon. *Zool. Anz. Jahrg., 16,* 473-475.

Dean (B.), 1894. — Recent experiments in sturgeon hatching on the Delaware River. *Bull. of the US Fish Comm. for,* 1893, *13,* 335-339.

Delsal (J. L.) et Manhouri (H.), 1955. — Étude comparative des dosages colorimétriques du P. Recherche d'une méthode de haute sensibilité applicable au dosage du Phosphore organique dans les spots après chromatographie. *Bull. Soc. Chimie Biol., 37* (9-10), 1040-1054.

Dence (W. A.), 1952. — Établishment of White Perch *Morone americana* in Central New-Yorj. *Copeia* (3), 200-201.

De Rada (R.), 1954. — Introduccion a una estadistica de pesca fluvial. Minist. Agricult. Direct. Gener. Coordinacion, Madrid, 153 pages.

Detlaf (T. A.) et Cinzbourg (A. S.), 1954. — Developpement embryonnaire des esturgeons. Moscou, 216 pages, 25 planches (en russe).

Devillers (C. N.), 1958. — Crâne des poissons. Traité de zool. de Grassé, Masson, Paris.

Drainville (C.) et Brassard (L.), 1961. — Les poissons de la rivière Saguenay. *Naturaliste Canadien, 88,* (5), 129-147.

Drilhon (A.), 1937. — Étude des échanges minéraux chez les poissons homeiosmotiques. *CR Acad. Sc., 204,* 1502-1503.

DSN, 1819. — Dictionnaire des sciences naturelles. Strasbourg.

Dugal (P. L.), 1934. — Observations sur le chlore total et l'oxygène dissous de l'estuaire du Saint-Laurent. *Naturaliste canadien, 61,* 165-181.

Dumeril (A.), 1867. — Prodrome d'une monographie des esturgeons et description des espèces de l'Amérique du Nord qui appartiennent au sous-genre *Antaceus. Nell. Arch. Mus.,* Paris, *3,* 131-186.

Dumeril (A.), 1870. — Histoire naturelle des poissons. Paris.

Duval (M.), 1925. — Recherches sur le milieu intérieur des animaux aquatiques. *Ann. Inst. Ocean., 2,* (3), 233-407.

Dymond (J. R.), 1926. — The fishes of Lake Nipigon. *Univ. Toronto studies Biol. Ser. Pub. Ont. Fish. Res. Lab., 27,* 1-108.

Dymond (J. R.), 1939. — The fishes of the Ottawa Region. *Contr. Roy. Ont. Mus. Zool., 15* 1-43.

Eaton* (C. A. M.), 1851. — Annals of Warren with the early history of St-George's Broad Bay, and the neighboring settlements of the Walds patent. Hallowell, Master, Smith et Co.

Eddy (S.) et Surber (T.), 1943. — Northern fishes, with special reference to the upper Mississippi Valley. *Univ. Minnesota Press,* Minneapolis, 252 pages.

Ehrenbaum (E.), 1894. — Beiträge zur Naturgeschichte einiger Elbfische (*Osmerus eperlanus* L, *Clupea finta* Cuv., *Acerina cernua* L, *Acipenser sturio* L.). Mitteil. Deutsch Seefish Verein, n° 10, C. Wiss Meeresunters, Bd I Kiel.

Ehrenbaum (E.), 1913. — Über den Stör. *Fischerbote' 5,* 142-149.

Ehrenbaum (E.), 1916. — Zum Antrage auf Erhöhung des gesetzlichen Mindestmasses für den Stör. *Fischerbote, 8,* 31-32.

Ehrenbaum (E.), 1921. — Mitteilungen über die Sehensverhältnisse unserer Fische. *Fischebote, 13,* 446-450.

Ehrenbaum (E.), 1923. — Die Eider als Störfluss und die Schonung des Störs. *Fischerboten Norddeutsche Fisch, 5,* 77-83.

El Saby (M. K.), 1934. — Dietetic value of certain Egyptian food fishes. *Rapp. Comm. Int. Mer. Med., 8,* 127.

Evermann (B. W.), 1918. — The fishes of Kentucky and Tennessee : a distributionnal catalogue of the known species. *Bull. US. Bur. if Fish., 35,* (1915-16), 295-368.

Evermann (B. W.) et Latimer (H. P.), 1911. — The fishes of the lake of the Woods and connecting waters. *Proc. US Nat. Mus. 39,* 121-136.

Flaschka (H. A.), 1959. — EDTA Titrations. An introduction to theory and practice. Pergamon Press, 138 pages.

Flower (S. S.), 1925. — Contribution to our knowledge of the duration of life in vertebrate animals. I. Fishes. *Proc. Zool. Soc. Lond.,* 247-268.

Flower (S. S.), 1935. — Further notes on the duration of life in animals. I. Fishes. *Proc. Zool. Soc. Lond.,* 265.

Fontaine (M.), 1930 *a.* — Recherches sur le milieu intérieur de la lamproie marine (*Petromyzon marinus*). Ses variations en fonctions de celles du milieu extérieur. *CR Ac. Sc., 191,* 680-682.

Fontaine (M.), 1930 *b.* — Modifications du milieu intérieur des poissons potamotoques au cours de la reproduction. — *CR. Ac. Sc., 191,* 736-737.

Fontaine (M.), 1930 *c.* — Sur le parallélisme existant chez les poissons entre leurs résistance aux variations de salinité et l'indépendance de leur milieu intérieur. *CR. Ac. Sc., 191,* 796-798.

Fontaine (M.), 1932. — Sur la relation existant chez les poissons marins et potamotoques entre la teneur en phosphore inorganique du sérum et l'ossification du squelette. *CR. Ac. Sc., 194,* 395-396.

Fontaine (M.), 1943. — Des facteurs physiologiques déterminant les migrations reproductrices des Cyclostomes et poissons potamotoques. *Bull. Inst. Ocean.* Monaco, *848,* 1-8.

Fontaine (M.), 1946. — Vues actuelles sur les migrations de poissons. *Experientia, 2,* 233-237.

Fontaine (M.), 1948 *a.* — Physiologie du saumon. Première partie, *Ann. Stat. Centr. d'Hydrobiol. Appl., 2,* 153-181.

Fontaine (M.), 1948 *b.* — Du rôle joué par les facteurs internes dans certaines migrations de poissons : étude critique de diverses méthodes d'investigation. *Cons. Perm. Inter. Expl. Mar. J. Cons. 15* (3), 284-294.

Fontaine (M.), 1951. — Facteurs internes et externes régissant les migrations de poissons. *Année Biol., 27* (7), 569-580.

Fontaine (M.), 1953. — La fonction hypophyso-thyroïdienne des poissons dans ses rapports avec leur morphologie et leur comportement. *Cons. Perm. Int. Expl. Mer. J. Conseil, 19* (1), 23-38.

Fontaine (M.), 1954 *a.* — Du déterminisme physiologique des migrations. *Biol. Rev., 29* (4), 390-418.

Fontaine (M.), 1954 *b.* — Équilibre hydrominéral et quelques particularités de sa régulation chez les Vertébrés. *Coll. Nat. CNRS,* Marseille 1953, 55-77.

Fontaine (M.), 1956. — The hormonal control of water and salt electrolyte metabolism in fish. Memoirs of the Soc. for Endocrinology. Cambridge Un. Press *5,* 69-82.

Fontaine (M.), 1957. — Étude des mécanismes physiologiques des migrations et le centre d'études et de recherches scientifiques de Biarritz. *Bull. Centre de rech. Sc. Biarritz, 1* (3), 343-351.

Fontaine (M.), Callamand (O.), Vibert (R.), 1950. — La physiologie du saumon. Deuxième partie. *Ann. Stat. Centr. d'Hydrobiol. appliquée, 3,* 15-16.

Fontaine (M.) et Koch (H.), 1950. — Les variations d'euryhalinité et d'osmorégulation chez les poissons. Leur rapport possible avec le déterminisme des migrations. *J. Physiol., 42,* 287-318.

Forbes (S. A.) et Richardson (R. E.), 1920. — The fishes of Illinois. *Nat. hist. Surv. Illinois,* 2e éd., CXXXVI + 357 pages, Atlas de 103 pages.

Forster (R. P.), 1953. — A comparative study or renal funtion in marine Teleosts. *J. Cell. Comp. Physiol., 42,* 487-510.

Forster (R. P.) et Berglund (F.), 1953. — Total électrolyte distribution in blood and urine of the aglomerular marine teleost, *Lophius piscatorius. Anat. Record, 117,* 591-592.

Friedler (R. H.), 1933. — Fishery industry of the United States, 1932. *US comm. Fish. Rep. for 1933,* 149-449 (App. 3).

Frost* (W. E.), 1945. — *J. an. Ecol., 14,* 106. Cité par Bullough 1951.

Furnestin (J.), Dardignac (J.), Maurin (C.), Vincent (A.), Coupe (R.), et Boutière (H.). 1958. — Données nouvelles sur les poissons du Maroc Atlantique. *Rev. Trav. Instit. Pêches Marit. 22* (4), 383-493.

Galloway (L. Mc. L), 1933. — The omostic pressure and saline content of the blood of *Petromyzon fluviatilis. J. of. Exp. Biol.,* 10, 313-316.

Gaudry (R.), 1938. — Les températures de l'estuaire du Saint-Laurent. *Contr. Stat. Biol. Trois-Pistoles,* Canada, nº 13, 14 pages.

Gerbilskii (N. L.), 1950. — Groupes biologiques de l'esturgeon de la Kura *Acipenser guldenstaedti persicus* Borodin et la base de leur culture artificielle. *Dokl. Akad. Nauk. SSSR, 71* (4), 785-788 (en russe).

Gerbilskii (N. K.) et Saks* (M. G.), 1947. — Action de la thyroxine sur le développement postembryonnaire de l'esturgeon *Acipenser stellatus. Dokl. Akad. Nauk SSSR, 55,* 663-666.

Gordon (M. S.), 1957. — Observations on osmoregulation in the Arctic char (*Salvelinus Alpinus* L). *Biol. Bull., 112* (1), 28-33.

Gordon (M. S.), 1959 *a.* — Ionic regulation in the brown trout (*Salmo trutta* L). *J. Exp. Biol., 36* (2), 227-252.

Gordon (M. S.), 1959 *b.* — Osmotic and ionic regulation in scottish brown trout and sea trout *Salmo trutta* L). *J. Exp. Biol., 36* (2), 253-260.

Grafflin (A. L.), 1931. — Urine flow and diuresis in marine teleosts. *The Amer. Journ. Physiol., 97* (4), 602-610.

Greeley (J. R.), 1937. — Fishes of the area with annotated list. A biological survey of the lower Hudson Watershed. *Supp. 26th Ann. Rep. 1936, NY State Cons. Dept.,* 45-103.

Greene (C. W.), 1904. — Physiological studies of the chinook salmon. *Bull. if the Bur. of Fish., 24,* 431-456.

Gregory* (W. K.), 1933. — Fish skulls : a study of the evolution of natural mechanism. *Trans. Amer. Phil. Soc., 23,* 75-481.

Gueylard (F.), 1923. — Intervention de la rate dans les phénomènes d'adaptation aux changements de salinité. *CR. Acad. Sc., 176,* 917-919.

Gueylard (F.), 1924 *a.* — Influence de la vie en eau salée sur le développement de la rate chez les poissons. *CR. Acad. Sc., 179,* 1292-1294.

Gueylard (F.), 1924 *b.* — De l'adaptation aux changements de salinité. Recherches biologiques et physico-chimiques sur l'épinoche (*Gasterosteus leiurus* Cuv. et Val.). Thèse Fac. Sc. Paris. Vigot éd., 131 pages.

Gunther (A.), 1870. — Catalogue of the fishes in the British Museum. London, vol. 8.

Harkness (W. J. K.), 1923. — The rate of growth and the food of the lake sturgeon (*Acipenser rubicundus* Le Sueur). *Univ. Toronto Studies Biol. Serv. Pub. Ont. Fish. Res. Lab.,* 18, 13-42.

Hastings (A. B.), et Eichelberger (L.), 1937. — The exchange of salt and water between muscle and blood. I. The effect of an increase in total body water produced by the intraveinous injection of isotonic salt solutions. *J. Biol. Chem., 117,* 73-93.

Heuts (M. J.), 1942. — Chloride excreted by *Gasterosteus. Ann. Soc. Roy. Zool. Belg., 83,* 69.

Heuts (M. J.), 1943. — La regulation osmotique chez l'épinoche (*Pygosteus pungitus* L). *Ann. Soc. Roy. Zool. Belg., 74,* 99-105.

Heldt (M. H.), 1934. — Note sur la capture de l'esturgeon (*Acipenser L*) dans les mers tunisiennes. *Com. Intern. Expl. Sc. Med. Rap. et Proc. Verb., 8,* 81-84.

Hickling (C.-F.), 1935. — Seasonal changes in the ovary of the immature hake, *Merluccius merluccius* L. *J. Marine Biol. Ass. United Kingdom, 20,* 443-462.

Hildebrand (S. F.) et Schroeder (W. C.), 1928. — Fishes of Chesapeake Bay. *Bull. US. Bur. Fish.,* 43, 8-366.

Hile (R.), 1948. — Standardization of methods of expressing lengths and weights of fish. *Trans. Amer. Fish. Soc., 75,* 157-164.

Hoar (W. S.), 1957. — Endocrine organs. Dans « Physiology of fishes », *Acad. Press NY, 1,* 246-285.

Holzmayer (H.), 1924. — Zur Alterbestimmung der Acipenseriden. *Zool. Anz., 59,* 16-18.

Hourston (A.), 1952. — The food and growth of the Maskinonge (*Esox masquinongy* Mitchill) in Canadian Waters. *J. Fish. Res. Bd. Canada, 8* (5), 346-367.

Houston (A. H.), 1959. — Osmoregulatory adaptation of steelhead trout (*Salmo gairdneri* Richardson) to sea water. *Can. J. Zool., 37,* 729-748.

Hubbs (C. L.), 1917. — *Acipenser fulvescens* Rafinesque, the great lake sturgeon. *Copeia, 44,* 48.

Hubbs (C. L.) et Lagler (K. F.), 1949. — Fishes of Isle Royal, Lake Superior, Michigan. *Paper Mich. Acad. Sc. Arts Lett., 33,* 73-133.

Hubbs (C. L.), et Lagler (K. F.), 1958. — Fishes of the Great Lakes Region. *Grandbook Inst. Sc. Bull.,* n° 26, 214 pages, 251 figures, 53 planches hors texte.

Jankovic (D.), 1958. — Ekologia dunavske kecige (*Acipenser ruthenus*). Recherches écologiques sur le sterlet du Danube. *Inst. Biol. Beograd.* Monographies 2, 145 pages (en yougoslave, résumé anglais et russe).

Jarvik (E.), 1960. — Théories de l'évolution des *Vertébrés.* Traduction de Lehmann (J. P.) Masson éd., Paris, 104 pages.

Jenkis (J. T.), 1925. — The fishes of the British Isles. London.

Jordan (D. S.) et Evermann (B. W.), 1896-1900. — The fishes of north and middle America. Washington, 4 vol., 3.313 pages, 392 planches.

Jordan (D. S.) et Evermann (B. W.), 1937. — American food and game fishes. A popular account of all species found in America North of the Equator, with keys for ready identification, life histories and methods of capture. Doubleday, Doran éd. NY, 574 pages.

Jordan (D. S.), Evermann (B. W.) et Clark (H. W.), 1930. — Check list of the fishes and fishlike vertebrates of North and Middle America North of the nothern boundary of Venezuela and Columbia.. *Rep. US. Comm. Fish. for 1928,* Part II, Wahinsgton 670 pages.

Jungersen (H. F. E), 1893. — Die Embryonalniere des Störs (*Acipenser sturio*). *Zool. Anz, 16,* 464-467, et *16* (436), 469-472.

Kalashnikov (G. N.) et Skadovskii* (S. N.). 1948. — Études écologiques et physiologiques de sevriuga durant la période de reproduction dans les conditions naturelles et expérimentales. *Zool. Zh. 27,* 513-534 (en russe).

Kendall (W. C.), 1914. — An annoted catalogue of the fishes of Maine. *Proc. Portland Soc. of Natur. Hist. USA., 3* (1), 1-198.

Keys (A. B.), 1933. — The mechanism of adaptation to varying salinity in the common cel and the general problem of osmotic regulation in fishes. *Proc. Roy. Soc., 112,* 184-199.

Kler* (V.), 1916. — Quelques données sur la détermination de l'âge des poissons par les os. *Bull. Pisc. Appl.,* n° 3 (en russe).

Koch (H. J.), 1949. — Quelques caractéristiques osmotiques de l'anguille femelle jaune et argentée. *Arch. Inst. Physiol., 57,* 125-132.

Koch (H. J.) et Heuts (M. J), 1943. — Régulation osmotique, cycle sexuel et migration de reproduction chez les épinoches. *Arch. Inter. Physiol., 53,* 253-266.

Kojine (N. I.), 1949). — Article : *Acipenser baeri.* Dans Poissons commerciaux d'U.R.S.S. Moscou (en russe).

Kostychev* (P.), 1883. — La composition des produits de poissons divers et leur signification nutritive. *Agric. et Forêts, 124,* 47.

Krogh (A.), 1939. — Osmotic regulation in fresh aquatic animals. Cambridge.

Kuhne (E. R.), 1939. — A guide to the fishes of Tennessee and mid-south. Tennessee Dept. Cons. 124 pages.

Kulmatycki* (W.), 1933. — W sprawnie rachowania jesiotra w rzekach polskich. Odbitka Rocznika XII « Ochrony Przyrody », Varsovie.

Kulper. (W.), 1921. — Über den Stör. *Fischerbote, 13,* 545-546.

Kuz'min* (A. N.), 1954. — Changements avec l'âge dans la structure des testicules et des ovaires chez les jeunes *Acipenser guldenstaedti*. *Dokl. Ak. Nauk. SSSR, 99,* 645-647 (en russe).

Lagler (K. F.), 1952. — Freshwater fishery biology. 4e éd. Iowa.

La Gorce (J. O.), 1939. — The book of fishes. *Nat. Geogr. Soc.* Washington.

Larimore (R. W.), 1950. — Gametogenesis of *Polyodon spathula* (Walbaum) : a basis for regulation of the fishery. *Copeia* (2), 116-124, 2 planches.

Lea* (E.), 1910. — On the methods used in the herring investigations. *Publ. Circ. Cons. Intern. Expl. Mer., 53,* 7-175.

Le Cren (E. D.), 1951. — The length-weight relationship and seasonal cycle in gonads weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol., 20* (2), 201-219.

Le Danois (E.), 1936. — Observations hydrologiques des quatre premières croisières (1933-1935) du navire « Président Théodore-Tissier ». *Rev. Trav. Off. Peches Mar., 9* (2), 133-250.

Lehman (J. P.), 1958. — Origine des *Actinopterygiens*. Traité de Zoologie Grassé, 13.

Le Sueur* (C. A.), 1818. — Description of several species of *Chondropterygious* fisches of North America with their varieties (Read October 17th, 1817). *Trans. Amer. Phil. Soc. New series,* Philadelphie, *50,* 383-395, planche 12.

Letaconnoux (R.), 1961. — Note sur la fréquence de la distribution des captures d'esturgeons (*Acipenser sturio* L) dans le Golge de Gascogne. Texte dactylographié.

Loukine. (A.V.), 1941 *a*. — La fréquence du frai chez le sterlet. *CR. Acad. Sc. Moscou NS, 32,* 165-168.

Loukine (A. V.), 1941 *b*. — Les stades de maturité sexuelle du sterlet. *CR. Acad. Sc. Moscou NS, 32,* 364-376.

Loukine (A. V.), 1949. — Article *Acipenser ruthenus, guldenstaedti* et *schrenki*. Dans Poissons commerciaux de Russie. Moscou (en russe).

Lozano y rey (L.), 1952. — Los peces fluvialis de Espana. Madrid, 251 pages, 31 text.-figures, 20 planches.

Mac Leod (R. A.), Jonas (R. E. E.), Mc Bride (J. R.), 1958. — Variations in the sodium and potassium content of the muscle tissue of Pacific salmon with particular reference to migration. *Canad. J. Biol. Physiol., 36,* (8), 1257-1268.

Mac Leod (R. A.), Jonas (R. E. E.) et Onofrey (E.), 1960. — A biochemical study of coho salmon (*Oncorhynchus Kisutch*) maturing sexually in an aquarium. *J. Fish. Res. Bd. Canada, 17* (3), 323-335.

Magnin (E.), 1959 *a*. — Détermination de l'âge et croissance de l'*Acipenser sturio* L de la Gironde. *Bull. Français Pisc., 193,* 152-159.

Magnin (E.), 1959 *b*. — Répartition actuelle des *Acipenseridés*. *Rev. Trav. Inst. Pech. Mar., 23* (3), 277-285.

Magnin (E.), et Beaulieu (G.), 1950. — Déplacements des esturgeons (*Acipenser fulvescens* et *Acipenser oxyrhyncus*) du fleuve Saint-Laurent d'après les données du marquage. *Naturaliste Canadien, 87* (11), 237-252.

Marshall* (E. K.), 1934. — The comparative physiology of the kidney in relation to theories of renal secretion. *Physiol. Rev., 14,* 133-159.

Marti* (W. J.), 1939. — Biologie de l'esturgeon *Acipenser sturio* L de la Mer Noire. *J. Zool.,* 3, (en russe).

Martret (G.), 1939. — Variations de la concentration moléculaire et de la concentration en chlorures de l'urine des *Téléostéens* stenohalins en fonction des variations de salinité du milieu externe. *Bull. Inst. Ocean.,* 774-, 1-39.

Maschkowzeff (A.), 1934. — Der genitalapparat der *Acipenseridae*. *Zool. Jahr.* (Anat.), *58,* 397-414.

Mc Cabe (B.), 1943. — An analysis of the distribution of fishes in the stream of western Massachussetts. *Copeia* (2), 85-89.

Mc Allister (D. E.), 1950. — List of the marine fishes of Canada. *Nat. Museum of Canada Bull.*, nº 168, 76 pages.

Meek (S. E.), 1892. — A report upon the fishes of Iowa, based upon observations made during 1889, 1890, 891. *Bull. US. Fish. Comm.* (1890), *10,* 217-248.

Mel'Nichuk* (G.-L.), 1959. — Les conditions d'alimentation des alevins d'esturgeons en aval du Danube et du Dniepr. *Dokl. Akad. Nauk. Ukrain. RSR, 5,* 424-427 (en ukrainien, sommaire russe et anglais).

Menon (M. D.), 1950. — The use of bones other than otolithes in determining the age anf growth rate of fishes. *Cons. Perm. Inter. Expl. Mar. J. Cons., 16,* (3), 311-340.

Meyer (A.), 1950. — Der Stör, en aussterbender fisch in deutschen Gewässern. *Allgem. Fischerei Zeit., 75,* (5) 114,115.

Meyer (D. K.), 1948. — Physiological adjustements in chloride balance of goldfisch. *Science, 108,* 305-307.

Milone (U.), 1896. — Compozitione, valore nutritivo ed assimilabilità della carne muscolare dei pesci. *Boll. Soc. Nat. Napoli, 1,* (10), 311-394.

Minder* (M. P.), 1933. — Pêcheries de la Mer d'Azov. *Trans. Inst. Fisch. Lening. sect., 3,* 3.

Mitchill (S. L.), 1815. — The fishes of New-York arranged and described. *Trans. Lit. Phil. Soc. NY 1,* 335-492, pl. I, VI.

Mohr (E.), 1952. — Der Stör. Die neue Brehm, Bücherei, Leipzig, 65 pages, 39 figures.

Mohr (E.), 1958. — Ganoidei : Store. Handbuch der Binenfischerei Mitteleuropas. Band. III, Lief. 9, Stuttgart, 235-261, 18 figures.

Moltchnavona (I.), 1941. — La structure histologique des œufs des sterlets aux stades différents de maturité sexuelle. *CR. Acad. Sc. Moscou NS, 32* (2), 163-165.

Montpetit (A. N.), 1897. — Les poissons d'eau douce du Canada. Montréal, 552 pages, 215 figures dans le texte, planches en couleurs.

Moore (E.), 1937. — Introduction. A biological survey of the lower Hudson watershed. *Suppl. 26th Ann. Rep. NY State cons. Dept.* 9-19.

Mooy (W.), 1928. — Over de ontwikelingsgeschiedenis von de Müllersche gang bij den sterlet *Acipenser ruthenus*) (Mit het Anatomisch-Enbryologisch laboratorium der Rijksuniversiteit te Groningen). Verslag van de Gewone Vergaderingen der Afdeeling Natuurkunde. Amsterdam, *37* (1), 186-192.

Moreau (E.), 1881. — Histoire naturelle des poissons de la France. 3. Vol. Masson éd.

Morris (R.), 1956. — The osmoregulatory ability of the lamprey (*Lampreta fluviatilis*) in sea water during the course of its spawning migration. *J. Exp. Biol. 33,* 235.

Mounier (J.), Geraud (J.) et Blanquet (P.), 1954. — Microcryoscopie des liquides biologiques. *Bull. Soc. de Pharm. Bordeaux, 4,* 181-183.

Mullins (L. J.), 1950. — Osmotic regulation in fish as studied with radioisotope. *Acta physiol. Scand., 21,* 204-214.

Nadeau (A.), 1938. — Salinité des eaux de l'estuaire Saint-Laurent. *Contr. Stat. Biol. Saint-Laurent,* à Trois-Pistoles, *11,* 19 pages.

Nedochivine (A.) et Iline* (B. S.), 1927. — Pêches d'esturgeons sur les Côtes Sud de la Caspienne en 1913-1915. *Bull. Bur. Ichtyol. Appl. Leningrad,* 7 (1), 5-100 (en russe).

Nedochivine (A.) et Iline* (B. S.), 1929. — La pêche dans les eaux du Sud de la Caspienne. *Trav. Inst. Peche Leningrad, 1,* 5-142 (en russe).

Nicol (J. A. C.), 1960. — The biology of marine animals. Pitman éd. London, 707 pages.

Nigrelli (F. F.), 1959. — Longevity of fishes in captivity, with special reference to those kept in the New-York aquarium. *Ciba Found. On ageing, V, London, J. and A., Chuchill Ltd,* 212-226, tabl.

Nikolski (G. W.), 1957. — Spezielle Fischkunde. Berlin, 632 pages.

Nishie (K.) et Harris (E. J.), 1955. — Electrolytes in the tissues of *Electrophorus électricus* L. *J. Cell. Comp. Physiol.,* 45, 484-486.

Norman (J. R.), et Fraser (F. C.), 1938. — Giant fishes, whales and dolphins. Norton Ed. NY, 361 pages.

O'Donnel (D. J.), 1935. — Annotated list of the fishes of Illinois. *Bull. State Ill. Div. Nat. Hist. Surv., 20* (5), 473-500.

Paccagnella (B.), 1948. — Osservazioni sulla biologia degli storioni del Bacino Padano. *Arch. Ocean. Limn.* Rome, *5* (1-3), 141-151, 1 planche.

Parry (G.), 1958. — Size and osmoregulation in salmonoid fishes. *Nature,* Lond. *181,* 1218-1219.

Pavesi* (P.), 1907. — Gli acipenseri nostrali. *Rendic. R. Ist. Lomb. Ser.* II, *40,* 332.

Pennant* 1769. — *Zool., 3,* 97.

Petrov* (V.), 1927. — Materiaux pour l'étude de la croissance et de l'âge des esturgeons caspiens. *Bull. Bur. Ichthyol. Appl., 6,* (2), 156-213.

Pickford* (G. E.), 1953. — A study of hypophysectomized male killifish, *Fundulus heteteoclitus* L. *Bull. Bingham Ocean Coll., 14,* 5-41.

Pickford* (G. E.), 1954. — The response of hypophysectomized male Killifish to purifide fish growth hormone, as compared with the response to purified beef growth hormone. *Endocrinology, 55,* 274-287.

Pickdord (G. E.), et Atz (J. W.), 1957. — The physiology of the pituitary gland of fishes. New-York Zool. Soc., 613 pages.

Power et Wakefield, 1938. — Dosage du sulfate. *J. Biol. Chem., 123, 665.* Décrite dans Techniques de laboratoire, Masson 1954.

Prince (E. E.), 1898. — Description of specimens of sea trout, capelin, and sturgeon from Hudson Bay. *Trans. British Ass. Adv. Sc. 67,* 687-688.

Prince (E. E.), 1899. — The food of sturgeon. *Special App. Rep.* 31 *st Ann. Rep. Dept. Marine and Fish.* Ottawa.

Probst (R. T.), 1954. — Why study sturgeon ? *Wisconsin Cons. Bull., 19* (3), 4-5.

Probst (R. T.) et Cooper (E. L.), 1955. — Age, growth and production of the lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*) in the lake Winnebago Region, Wisconsin. *Trans. Amer. Fish. Soc., 84,* 207-227.

Prosser (C. L.), 1950. — Comparative animal physiology. Lond. Saunders.

Rae (B. B.) et Wilson (E.), 1952. — Rare and exotic fishes recorded in Scotland during 1951. *Scottisch Nat., 64* (2), 102-111.

Richardson (J.), 1852. — A journal of a boat voyage through rupperts land and the arctic sea. Harper and Brothers. Ed. NY.

Ricker (W.-E.), 1958. — Handbook of computations for biological statistics of fish populations. *Fish Res. Board. of Canada,* Ottawa, 300 pages.

Robertson (J. D.), 1954. — The chemical composition of the blood of some aquatic chordates including members of the tunicata, cyclostomata, osteichthyes. *J. Exp. Biol., 31,* 424-442.

Rodier (M. E.), 1899. — Observations et expériences comparatives sur l'eau de mer, le sang et les liquides internes des animaux marins. *Trav. Lab. Stat. Zool.* Arcachon, 103.

Rondelet (G.), 1544. — Libri de piscibus marinis, in quibus verae piscium effigies expressae sunt. Lugduni.

Rondelet (G.), 1558. — De l'histoire entière des poissons composée premièrement en latin par Maître Guillaume Rondelet, maintenant traduite en français. Lyon.

Rostami (I.), 1961. — Biologie et exploitation des *Acipenserides* Caspiens. Thèse Fac. Sc. Univ. Paris, 210 pages.

Roule (L.), 1922. — Étude sur l'esturgeon du Golfe de Gascogne et du Bassin Girondin. *Off. Sc. et Techn. des Pêches marit., 20,* Paris, 12 pages.

Roule (L.), 1923. — Nouvelle contribution à l'étude de l'esturgeon (*Acipenser sturio*) dans l'Europe Occidentale et sa diminution progressive. *Off. Sc. et Techn. des Pêches Marit.*, Paris.

Roule (L.), 1934. — La biologie de l'esturgeon de France (Méditerranée). *Comm. Inter. Expl. Sc. Medit. Rap. et P.V., 8,* 85-87.

Roussow (G.), 1955. — Les esturgeons du fleuve Saint-Laurent en comparaison avec les autres espèces d'*Acipenserides. Off. Biol. Montréal,* 124 pages, 25 figures.

Ryder (J. A.), 1890. — The sturgeons and sturgeon industries of the Eastern Coast of the United States with an account of experiments bearing upon sturgeon culture. *Bull. of the US. Fish, Comm. for 1888, 8* (8), 213-328, pl. 38 à 59.

Schales (O.) et Schales (S. S.), 1941. — A simple and accurate method for the determinaion of chloride in biological fluids. *J. Biol. Chem., 140,* 879-883.

Scheneberger (E.) et Woodbury (L. A.), 1944. — The lake sturgeon, *Acipenser fulvescens* Rafinesque, in Lake Winnebago Wisconsin. *Transc. Wisc. Acad. Sc. Arts Lett., 36,* 131-140.

Scott (W. B.), 1954. — Freshwater fishes of Eastern Canada. *Univ. Toronto Press,* 128 pages.

Severtzov* (A. N.), 1926. — The development of the scales of *Acipenser. J. Off. Morph., 42,* 523-560.

Shenk (W. D.), 1954. — Tissue chloride. *Arch. Biodhem. Bioehys., 49,* (1), 138-148.

Slastenenko (E. P.), 1936. — Revue de la faune ichthyologique de la Mer Noire. *Ann. Sc. Univ. Jassy,* XXII.

Slastenenko (E. P.), 1939. — Les poissons de la Mer Noire et de la Mer d'Azov. *Ann. Sc. Univ. Jassy, 25* (2), 196 pages.

Slastenenko (E. P.), 1958. — The freshwater fishes of Canada. Toronto, 388 pages, 138 figures, texte.

Smith (H. M.), 1892. — Report on an investigation of the fisheries of Lake Ontario. *Bull. US. Comm.* (1890) 10, 177-215, pl. XXI à L.

Smith (H. M.), 1898. — Statistics of the fisheries of the interior waters of the United States. *US. Comm. Fish. Comm. Rep. for* 1896, 489-574.

Smith (H. M.), et Bean (B. A.), 1899. — List of fishes known to inhabit the waters of the district of Columbia and vicinity. *Bull. US Fish Comm., 18* (1898), 179-187.

Smith (H. W.), 1930. — The absorption and excretion of water and salts by marine Teleosts. *The Amer. J. Physiol., 93,* (2), 480-505.

Smith (H.W.), 1931. — The absorption and excretion of water and salts by Elasmobranchs fishes : I Fresh-water Elasmobranchs (avec Smith C. G.). — *Am. J. Physiol., 98,* 279-295. II Marine Elasmobranchs. — *Am. J. Physiol., 98,* 296-310.

Smith (H. W.), 1932. — Water regulation and its evolution in fishes. *Quart. Rev. Biol., 7,* 1-26

Smith (H. W.), 1936. — The retention and physiological role of urea in the *Elasmobranchii. Biol. Rev., 11,* 49-82.

Smith (H. W.), 1953. — From fish to philosopher. Little, Brown, Boston.

Smyth* (J.), 1618. — Berkeleys (1883), II, 435.

Soldatov* (V. K.), 1915. — Recherches sur les esturgeons de l'Amour. Materiel pour la connaissance de la pêche en Russie, Petrograd *3* (12) (en russe).

Spector, 1956. — Handbook of biological data. Philadelphie, 584 pages.

Stensio* (E. A.), 1932. — Triasic Fishes from East Greenland. *Medd. Grönland, 83,* 75-97.

Sterner (E.), 1819. — Die niederelbsiche Kustenfischerei, II Dischreiarten. 9 Die Störfischerei. *Fischerbote, 10,* 179-184.

Stone (L.), 1900. — The spawning habits of the lake sturgeon (*Acipenser rubicundus*). *Trans. Amer. Fish. Soc., 29,* 118-123. Discussion 124-128.

Stone (L.), 1901. — Sturgeon hatching in the Lake Champlain Basin. *Trans. Amer. Fish. Soc., 30,* 137-143.

Storer (J. H.), 1863. — A history of the fishes of Massachussets. *Mem. Acad. Arts. and Sc. New series, 8,* 389-434, pl. 30-35.

Sullivan* (J.), 1795. — The history of the District of Maine. Boston 1795.

Tchalikov (B. G.), 1944. — A new species of the genus *Acipenser* for North Caspian Sea *Aci. penser primigenius* sp. nov. *Zool.* J. Moscou, *23,* 47-50 (en russe avec sommaire en anglais)-

Tchalikov (B. G.), 1949. — *Huso huso* (le belouga), *Acipenser medirostris* (l'esturgeon de Sakhaline), *Acipenser sturio* (l'esturgeon atlantique). Dans Poissons commerciaux de l'U.R.S.S., 45-48 et 67-71 (en russe).

Tchugunova* (N. I.), 1940. — La croissance des esturgeons de la mer d'Azov. Pisc. nº *5.*

Thedens (D.), 1925. — Der Störfang an der schleswig-holteinischen Westküste in den letzten 100 Jahnren. *Fischerbote, 17,* 463-465.

Thorson (T. N.), 1958. — Mesurement of the fluid compartments of four species of marine chondrichtyes. *Physiol. Zool., 31,* (1) 16-23.

Townes (H. K.), 1937. — Studies on the food organisms of fish. A biological survey of the lower Hudson Watershed. *Suppl. 26 th. Ann. Rept. 1936, Cons. Dept. NY state,* 217-230.

Townsend (C. H.), 1902. — Statistics of the fisheries of the Mississippi River and tributaries. *US. Comm. Fish. and Fish. Comm. Rep. for 1901,* 659-740.

Trautman (M. B.), 1957. — The fishes of Ohio. Ohio, 683 pages, 172 figures, texte, 7 planches.

Valencia (R.), 1956. — Spectrophotométrie de flamme et dosage des ions Na, K, Ca, Mg dans le plasma et les tissus. *Bull. Soc. Chimie Biol., 38* (7-8), 1071-1081.

Van den Broek (A. J. P.), 1937. — Hanbuch der Vergleischenden Anatomie der Wilbeltiere. Berlin. *6* t. 6.

Velez Soto (F.), 1951. — Observaciones sobre la pesca del esturion en el rio Guadalquivir durante el ano 1950. *Montes, 37,* 33-40.

Verhey (C. J.), 1949. — Het workomen von the steur (*Acipenser sturio* L) in de Nieuwe Merwede tussen 1900 ou 1931. *Levende Natuur, 52,* (8), 152-159. Illustration.

Vibert (R.), 1945. — Les poissons migrateurs dans l'économie du sud-ouest. *Bull. Français Pisc., 136,* 121-135.

Vinogradov (A. P.), 1953. — The elementary chemical composition of marine organisms. New Haven, 647 pages.

Vivien* (J. H.), 1941. — Contribution à l'étude de la physiologie hypophysaire dans les relations avec l'appareil génital, la thyroïde et les corps inter-rénaux chez les poissons Sélaciens et Téléostéens. *Bull. Biol. Fr. Belg., 75,* 257-309.

Vladykov (V. D.), 1946 à 1953. — Rapport du biologiste. *Rapp. Gen. Minist. Chasse et pêche Prov.* Québec 1946, 46-54; 1947, 44-61; 1948, 50-67; 1949, 50-67, 1950 54-76, 1953; 60-88.

Vladykov (V. D.), 1955 *a*. — A comparaison of Atlantic sea sturgeon with a new subspecies from the Gulf of Mexico (*Acipenser oxyrhynchus de Sotoi*). *J. Fish. Res. Bd. Canada, 12* (5), 754-761.

Vladykov (V. D.), 1955 *b*. — Poissons de Québec. Album nº 5 : les Esturgeons. Dept. des Pêcheries.

Vladykov (V. D.), 1958. — Deux pêches caractéristiques du fleuve Saint-Laurent. *Actualités Marines, 2* (1), 6-12.

Vladykov (V. D.) et Beaulieu (G.), 1946. — Études sur l'esturgeon (*Acipenser*) de la province de Québec. I : Distinction entre deux espèces d'esturgeons par le nombre des boucliers osseux et des branchiospines. *Nat. Canad.* Québec, *73* (6-8), 143-204, 23 figures.

Vladykov (V. D.) et Beaulieu (G.), 1951. — Études sur l'esturgeon de la province de Québec. II : Variations du nombre de branchiospines sur le premier arc branchial. *Nat. Canad. 78,* 129-154.

Vladykov (V. D.) et Mc Allister (D. E.), 1961. — Preliminary list of marine fishes of Quebec. *Nat. Canad., 88* (3), 53-78.

Vogt (C.), et Hoffer (B.), 1909. — Die Süsswasserfische von Mittel Europa. Frankfurt, 558 pages.

Walford (L. A.), 1946. — A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull., 90,* 141-147.

Went (A. E. J.), 1948. — The status of the sturgeon, *Acipenser sturio* in Irish waters now and in former days. *Irish Nat. J. Belfast, 9,* 172-174.

Went (A. E. J.), 1954. — Two recent specimens of sturgeon *Acipenser sturio* L, from Irish waters. *Irish Nat J.,* 11, 233.

Went (A. E. J.), 1956. — Irish freshwater fish. Some notes on their distribution. *Salmon trout Mag. London, 118,* 248-256.

Wikgren (Bo. H.), 1953. — Osmotic regulation in some aquatic animals with special reference to the influence of temperature. *Acta Zool. Fennica, 71,* 1-102. Importante bibliographie.

Williamson (W. D.), 1832. — The history of the State of Maine, from its first discovery, AD 1602 to the separation AD 1820, inclusive. 2 vol. publiés par Glazier, Master et Co, Hallowell.

Woolman (A. J.), 1892. — Report of an examination of the rivers of Kentuckry, with lists of the fishes obtained. *Bull. US. Fish. Com.* (1890), *10,* 249-281, pl. LI.

Yamamoto (K.), 1956. — Studies on the formation of fish eggs. I : Annual cycle in development of ovarian eggs in the flounder *Liopsetta obscura. J. Fac. Sc. Hokkaido Univ. Ser. VI Zool. 12,* 362-373, pl. X, XI. XII.

Les auteurs suivis d'un * n'ont pas été consultés dans le texte original.

LISTE DES FIGURES

1. Photographies des trois esturgeons : *Acipenser sturio, Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens.*
2. Carte de répartition des esturgeons dans le monde.
3. Carte de répartition de l'*Acipenser sturio* en Europe.
4. Carte de répartition des *Acipenser oxyrhynchus* et des *Acipenser fulvescens* dans la partie orientale de l'Amérique du Nord.
5. Carte du bassin de la Gironde.
6. Teneur en ClNa des eaux de la Garonne et de la Dordogne en amont du bec d'Ambès.
7. Teneur en O_2 des eaux de la Gironde, de la Garonne et de la Dordogne.
8. Carte du bassin du Guadalquivir.
9. Carte de l'est canadien : régions prospectées.
10. Estuaire et golfe du Saint-Laurent.
11. Os dermiques du crâne d'un *Acipenser sturio* de 1 m.
12. Vue dorsale de la tête des trois esturgeons : *Acipenser sturio, Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser fulvescens.*
13. Écussons dorsaux, latéraux et ventraux chez les jeunes *Acipenser sturio, oxyrhynchus* et *fulvescens.*
14. Écussons dorsaux de gros esturgeons : *Acipenser oxyrhynchus* et *Acipenser sturio.*
15. Portion de peau entre les écussons dorsaux et latéraux montrant les rangées obliques de petites scutelles chez *Acipenser sturio.*
16. Portion de peau entre les écussons dorsaux et latéraux montrant les rangées obliques de petites scutelles chez *Acipenser oxyrhynchus.*
17. Scutelles osseuses comprises entre les écussons dorsaux et latéraux et entre les écussons latéraux et ventraux chez *Acipenser sturio* et chez *Acipenser oxyrhynchus.*
18. Dessin schématique d'un esturgeon indiquant les différentes mesures effectuées et les abréviations employées.
19. Droites de régression représentant la variation de longueur à la fourche en fonction de la longueur totale chez les trois esturgeons.
20. Droites de régression représentant les variations de log P en fonction de log L chez les trois esturgeons.
21. Variations du poids exprimé en kg en fonction de la longueur exprimée en cm chez les jeunes *Acipenser fulvescens, Acipenser sturio* et *Acipenser oxyrhynchus.*
22. Variations du poids exprimé en kg en fonction de la longueur en cm chez les spécimens plus âgés des trois espèces : *Acipenser sturio, fulvescens* et *oxyrhynchus.*
23. Variation de l'indice de nutrition K en fonction de la longueur chez les trois *Acipenser* d'après les données du tableau 13.
24. Histogramme de fréquence des *Acipenser oxyrhynchus* en eau douce et en eau saumâtre en fonction de l'indice de nutrition.
25. Droites de régression représentant les variations de la distance Pectorale-Ventrale et Ventrale-Anale en fonction de la longueur totale L.
26. Droites de régression représentant les variations de la longueur de la tête, du pédoncule caudal, de la hauteur maximum du corps et de la largeur de la dorsale à sa base en fonction de la longueur totale L.
27. Droites de régression représentant les variations de la longueur de la Pectorale, de la Ventrale, de la largeur de l'Anale à sa base et de la hauteur minimum du corps en fonction de la longueur totale L.
28. Droites de régression représentant les variations des largeurs interne et externe de la bouche, de l'œil, et de la longueur des barbillons interne et externe en fonction de la longueur de la tête.

29. Droites de régression représentant les variations des distances rostre-bouche, rostre-barbillon, de la largeur de la tête au niveau de la bouche et au niveau des barbillons en fonction de la longueur de la tête.
30. Droites de régression représentant les variations des distances post-orbitaires, rostre-œil, inter-orbitaire et rostre-narine en fonction de la longueur de la tête.
31. Photographie d'une coupe mince du premier rayon de la nageoire pectorale.
32. Croissance en longueur des *Acipenser sturio* de la Gironde : longueur moyenne aux différents âges et intervalles de confiance de ces moyennes pour un coefficient de sécurité de 95 %.
33. Croissance en longueur totale de l'*Acipenser sturio* de la Gironde. Courbe représentative théorique.
34. Croissance en poids de l'*Acipenser sturio* de la Gironde jusqu'à la classe VI.
35. Croissance en poids de l'*Acipenser sturio* de la Gironde jusqu'à la classe XL.
36. Courbe schématisant la croissance en longueur et en poids de l'*Acipenser sturio* de la Gironde.
37. Croissance en longueur des *Acipenser oxyrhynchus* de la région de Québec : longueur moyenne aux différents âges, intervalles de confiance de ces moyennes pour un coefficient de sécurité de 95 %.
38. Croissance en longueur de l'*Acipenser oxyrhynchus*. Courbe représentative de l'équation théorique.
39. Croissance en poids de l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent de la classe I à la classe VI.
40. Croissance en poids de l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent de la classe V à la classe XX.
41. Courbe schématique illustrant la croissance en longueur et en poids de l'*Acipenser oxyrhynchus* du Saint-Laurent.
42. Croissance en longueur des *Acipenser fulvescens* de la région de Québec : longueur moyenne et longueurs extrêmes aux différents âges.
43. Croissance en longueur des *Acipenser fulvescens* de la région de Québec. Courbe représentative de l'équation théorique.
44. Croissance en poids de l'*Acipenser fulvescens* de la région de Québec.
45. Croissance en longueur de l'*Acipenser fulvescens* de la rivière Ottawa et du lac Nipissing.
46. Croissance en poids de l'*Acipenser fulvescens* de la rivière Ottawa et du lac Nipissing.
47. Croissance en longueur des *Acipenser fulvescens* du Saint-Laurent, du lac Winnebago, et du lac Nipigon d'après les données du tableau 41.
48. Croissance comparée des divers Acipensérídés d'après les données des tableaux 42 et 43 : *Huso huso, Acipenser sturio, Acipenser oxyrhynchus, Acipenser guldenstaedti, Acipenser fulvescens, Acipenser baeri, Acipenser ruthenus.*
49. Histogramme de fréquence des captures d'*Acipenser sturio* pendant la période de migration reproductrice :
    I. Dans les eaux douces de la Garonne et de la Dordogne.
    II. Dans l'ensemble du réseau hydrographique Gironde, Garonne, Dordogne.
50. Histogramme de fréquence des captures suivant l'âge des jeunes *Acipenser oxyrhynchus* en deux points du Saint-Laurent : en eau douce à Saint-Vallier et en eau saumâtre à Kamouraska, d'après les données du tableau 48.
51. Structure électrolytique du plasma d'*Acipenser oxyrhynchus* en eau douce et en eau saumâtre.
52. Ionogramme du plasma d'*Acipenser sturio* matures durant la migration reproductrice en eau douce et en eau saumâtre.
53. Photographies illustrant le développement des ovaires chez *Acipenser sturio*.
54. Photographies illustrant le développement des testicules chez *Acipenser sturio*.

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

OSMORÉGULATION CHEZ LES CRUSTACÉS

Vu et approuvé :

Paris, le 12 juin 1962,

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

M. ZAMANSKY

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

Jean ROCHE

SOULAIRAC	T	Phychophysiologie.
ULRICH	T	Physiologie végétale.
MARÉCHAL	T	Optique théorique et appliquée.
KIRRMANN	T	Théories chimiques.
CHADEFAUD	T	Botanique.
Mlle LE BRETON	T	Physiologie de la nutrition.
SALEM	T	Mathématiques générales.
LELONG	T	Application de l'analyse à la géométrie.
DEVILLERS	T	Anatomie et histologie comparée.
EHRESMANN	T	Topologie algébrique.
FRANÇON	T	Physique (S.P.C.N.).
GLANGEAUD	T	Géographie physique et géologie dynamique.
GODEMENT	T	Mathématiques (M.P.C.).
PISOT	T	Technique mathématique de la physique.
ROCH	T	Géologie.
SCHATZMAN	T	Astrophysique.
TERMIER	T	Paléontologie stratigraphique.
ZAMANSKY	T	Mathématiques générales.
LENNUIER	T	Physique (M.G.P.).
RIZET	T	Génétique (Orsay).
ROUTHIER	T	Géologie appliquée.
Mme TONNELAT	T	Physique théorique.
DIXMIER	T	Mathématiques (M.P.C.).
SOUCHAY	T	Chimie générale.
AIGRAIN	T	Électrotechnique générale.
BRUSSET	T	Chimie systématique.
M. LEVY	T	Physique théorique des hautes énergies (Orsay).
Mme CHAIX	T	Chimie biologique.
Mme HUREL-PY	T	Biologie végétale (P.C.B.).
PIAUX	T	Chimie (M.P.C.).
BRUN	T	Mécanique théorique des fluides.
LEDERER	T	Chimie biologique.
Mme DUBREIL	T	Mathématiques (agrégation).
Mme LELONG	T	Mathématiques (E.N.S.).
BELLAIR	T	Géologie (S.P.C.N.).
COTTE	T	Physique électricité.
DUBOIS J.-E	T	Chimie organique.
LAMOTTE	T	Zoologie (E.N.S.).
MICHEL A	T	Chimie minérale (Orsay).
OLMER	T	Énergétique générale.
ROUAULT	T	Électricité (Orsay).
GAUTHIER	T	Mécanique appliquée.
BARCHEWITZ	T	Chimie physique.
BROSSEL	T	Physique atomique.
BUSER	T	Physiologie comparée.
CAMUS	T	Physiologie végétale (B.M.P.V.).
CASTAING	T	Physique (Orsay).
CURIEN	T	Minéralogie et cristallographie.
MOYSE	T	Physiologie végétale (Orsay).
NOIROT	T	Évolution des êtres organiques.
PANNETIER	T	Chimie générale (Orsay).
POSSOMPES	T	Zoologie.
PULLMANN	T	Chimie théorique.
TEILLAC	T	Physique nucléaire et radioactivité.
TONNELAT	T	Biologie physico-chimique.
VILLE	T	Économétrie.
WILLEMART	T	Chimie (P.C.B.).
DODE	T	Chimie (Orsay).
FREYMANN	T	Recherches physiques.
GUINOCHET	T	Biologie végétale [S.P.C.N.] (Orsay).
ROLLET	T	Chimie (P.C.B.).
Mlle JOSIEN	T	Chimie (S.P.C.N.).
CHEVALLEY	T	Géométrie algébrique et théorie des groupes.
ARNOULT	T	Électronique (Orsay).
CHAPELLE	T	Physique (Orsay).
DELANGE	T	Mathémat. (Orsay).
DENY	T	Mathématiques générales (Orsay).
GERMAIN	T	Mécanique théorique des fluides.
LUCAS G	T	Géologie.
ALLARD	T	Chimie physique.
BERTHELOT	T	Physique fondamentale des hautes énergies (Orsay).
BRICART	T	Météorologie et physique de l'atmosphère.
Mme ALBE-FESSARD	T	Psychophysiologie.
FRIEDEL	T	Physique des solides (Orsay).
M. JULIA		Études des moléculaires naturelles complexes.
LENDER	T	Biologie animale [S.P.C.N.] (Orsay).
MAGAT		Physico-chimie des radioéléments.
Mlle QUINTIN	T	Électrochimie.
MONOD	T	Chimie du métabolisme.
BENOIT	T	Physiologie animale (Orsay).
DE POSSEL	T	Analyse numérique.
CHARLOT	T	Chimie analytique.
HAISSINSKY	T	Radiochimie.
LEMÉE	T	Physiologie végétale [B.M.P.V. (Orsay).
GUÉRIN	T	Chimie M. P. C.] (Orsay).

CHATELET M.	T	Chimie (P.C.B.).
JEAN	T	Physique nucléaire (Orsay).
MATTLER	T	Physique (S.P.C.N.)
MICHEL L.		Physique théorique des hautes énergies (Orsay).
BERGERARD	T	Zoologie (Orsay).
BERTEIN	T	Électronique (Orsay).
BOUISSIÈRES		Chimie des radio-éléments (Orsay).
Mme COUTURE	T	Thermodynamique et mécanique physique
ELLENBERGER	T	Géologie appliquée sur le terrain.
FRANC		Biologie animale (P. C.B.).
SCHNELL		Botanique tropicale (Orsay).
STOLKOWSKI		Physiologie générale.
ACHER		Chimie biologique (Orsay).
BAUDOIN		Biologie animale (P. C.B.).
BEAUMONT		Biologie animale (S.P. C.N.).
BLAMONT	T	Géophysique ionosphère.
BOURREAU		Botanique.
CURIE D.		Physique (M.G.P.).
DURAND-DELGA		Géologie.
FREON	T	Chimie organique (Orsay).
HELLER	T	Physiologie végétale.
TORTRAT	T	Calcul des probabilités.
CAILLEUX		Géologie (S.P.C.N.).
MAGNAN	T	Physique (S.P.C.N.).
DAUDEL	T	Mécanique ondulatoire appliquée à la chimie théorique et à la physique nucléaire.
Mlle FOURCROY		Biologie végétale (S.P. C.N.).
Mme CHOQUET-BRUHAT	T	Mécanique analytique et mécanique céleste.
Mlle VEIL		Physiologie générale.
LWOFF	T	Microbiologie.
SIESTRUNCK	T	Mécanique physique et expérimentale.
LACOMBE	T	Métallurgie des métaux nucléaires.
BROCHARD	T	Physique [P.C.B.] (Orsay).
CABANNES	T	Mécanique générale.
LESIEUR	T	Mathématiques [M.P. C.] (Orsay).
MAZET	T	Mécanique générale (Orsay).
CAIRE		Géographie physique et géologie dynamique.
COMOLET	T	Mécanique des fluides.
CORABŒUF		Physiologie animale.
DELLOUE		Physique de l'exosphère.
GORENFLOT		Botanique II (Orsay).
HOUILLON		Biologie animale (P. C.B.),
JULLIEN J.		Chimie (P.C.B.)
MALGRANGE	T	Technique mathématique de la physique.
OLIVIER		Antropologie.
NOZERAN	T	Botanique II (Orsay).
BLANC-LAPIERRE		Physique [E.N.S.] (Orsay).
CHEVAUGEON	T	Botanique (Orsay).
KAHANE	T	Mathématiques (Orsay).
SAMUEL	T	Mathématiques (E.N. S. féminine).
KOURGANOFF	T	Astronomie (Orsay).
THIRY	T	Mécanique céleste.

Secrétaire général ..... R. POULLAIN